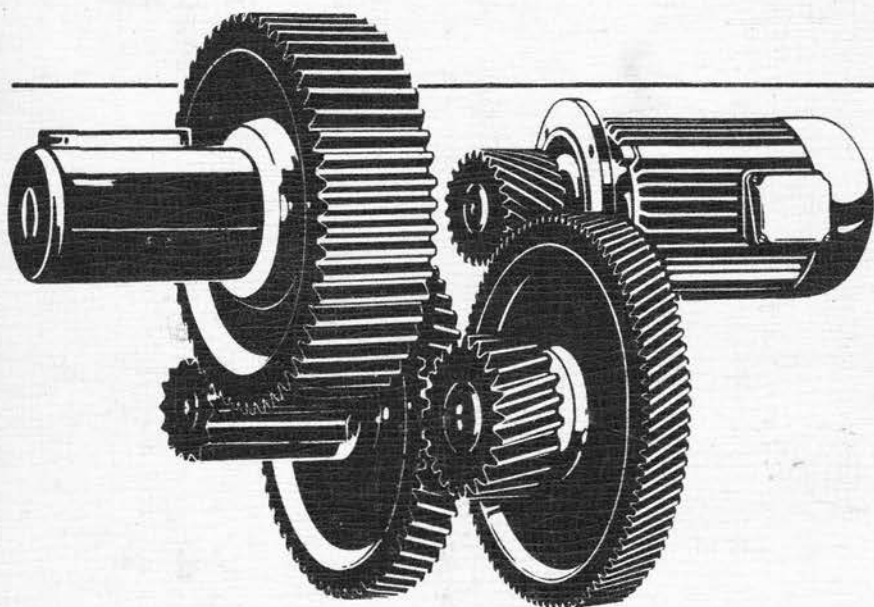


C. CRUCERU • TH. MAGHIAR • A. LEZEU • V. STĂNILĂ

Tehnologia reparării și întreținerii utilajelor electromecanice



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ - BUCUREȘTI, 1982

CUPRINS

Partea I. Probleme referitoare la organizarea și conducerea activităților de întreținere și reparare a utilajelor electromecanice	13
Cap. 1. Conceptul sistemic în organizarea și conducerea activităților de întreținere și reparații a echipamentelor, utilajelor și instalațiilor electromecanice.....	13
1.1. Date introductive	13
1.2. Abordarea sistemică a activităților de întreținere și reparații.....	13
1.3. Sisteme de întreținere și reparații	14
1.3.1. Sistemul de întreținere corectivă.....	14
1.3.2. Sistemul de întreținere preventiv planificat.....	15
1.3.3. Sistemul de revizii tehnice și reparații	15
1.3.4. Sistemul de întreținere și reparații de tip paliativ.....	15
Cap. 2. Analiza tehnico-economică a stării tehnice a echipamentelor, utilajelor și instalațiilor electromecanice supuse întreținerii și reparării.....	15
2.1. Date introductive	15
2.2. Conținutul analizei tehnico-economice.....	16
2.3. Obiective, metode și etape pentru elaborarea diagnosticului activităților de întreținere și reparare	17
Cap. 3. Aplicarea cercetării operaționale în domeniul întreținerii și reparării echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale	18
3.1. Date introductive	18
3.2. Aplicarea drumului critic în activitățile de întreținere și reparare a echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale	19
3.2.1. Noțiuni de bază. Activități și evenimente	19
3.2.2. Metode de reprezentare grafică	20
Cap. 4. Uzura echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale, procedee de reparare și recondiționare a pieselor uzate	26
4.1. Date introductive	26
4.2. Uzura normală de funcționare.....	26
4.3. Uzura accidentală	28
4.4. Factorii care favorizează uzura	28
4.5. Metode de apreciere a uzurii	29
4.6. Procedee de reparare a pieselor uzate	29
4.6.1. Demontarea pieselor uzate în vederea reparării	30
4.6.2. Metode de reparare	30
4.7. Procedee de recondiționare a pieselor uzate	31
4.8. Alegerea variantei optime a procedurii de reparare sau de recondiționare	34
4.9. Lubrifierea echipamentelor și utilajelor, factor determinant de combatere a uzurii, în regimul de funcționare a acestora	35
Cap. 5. Planificarea și programarea lucrărilor de întreținere și reparare	36
5.1. Date introductive	36
5.2. Metodologia întocmirii, urmăririi și raportării planului de întreținere și reparații.....	36
3.2.1. Întocmirea planului de întreținere și reparații	37
5.2.2. Urmărirea și raportarea planului de întreținere și reparații	41
5.3. Prelucrarea automată a datelor privind planificarea și programarea lucrărilor de întreținere și reparare	41

Cap. 6. Organizarea sistemelor de revizii tehnice și reparații	45
6.1. Elementele definitorii în organizarea sistemelor de revizii tehnice și reparații	45
6.2. Sisteme de revizii tehnice și reparații	46
6.2.1. Sistemul de revizii tehnice și reparații după necesitate	46
6.2.2. Sistemul de reparații pe bază de constatări în urma reviziilor	47
6.2.3. Sistemul de reparații cu planificare rigidă (standard)	47
6.2.4. Sistemul de reparații preventive cu planificare controlată	47
6.3. Moduri de organizare a sistemelor de revizii tehnice și reparații	48
6.4. Sistemul preventiv-planificat de revizii tehnice și reparații	48
6.4.1. Date introductive	48
6.2.4. Obiective și lucrări specifice ale sistemului preventiv-planificat de revizii tehnice și reparații și modalități de realizare a lor	49
6.5. Eficiența economică a sistemului preventiv-planificat de revizii tehnice și reparații	49
6.6. Organizarea reparării echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale prin metoda în flux tehnologic	51
6.6.1. Organizarea reparațiilor mașinilor-unelte	51
6.6.2. Organizarea reparațiilor benzilor, liniilor automate și mașinilor agregat	51
6.7. Modernizarea echipamentelor și utilajelor	52
6.8. Standardizarea pieselor și subansamblelor	54
Cap. 7. Elemente de proiectare și organizare a compartimentelor de întreținere și reparații	54
7.1. Elemente de proiectare a compartimentelor de întreținere și reparații	54
7.2. Elemente de organizare a compartimentelor de întreținere și reparații	58
7.2.1. Organizarea lucrărilor de întreținere și reparații în cadrul unei uzini mecanice de întreținere și reparații	58
7.2.2. Organizarea lucrărilor de întreținere și reparații în cadrul unei secții mecanice de întreținere și reparații	58
7.2.3. Organizarea lucrărilor de întreținere și reparații în cadrul unui compartiment mecano-energetic	60
Partea a II-a. Calitatea și fiabilitatea echipamentelor utilajelor și instalațiilor industriale	63
Cap. 8. Conceptul de calitate. Asigurarea și controlul calității echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale	63
8.1. Date introductive	63
8.2. Caracteristici de calitate ale echipamentelor și utilajelor industriale. Măsurarea calității acestora	63
8.2.1. Caracteristicile de calitate și importanța lor	63
8.2.2. Ridicarea calității echipamentelor și utilajelor industriale, obiectiv central al politicii economice	65
8.2.3. Măsurarea calității	65
8.3. Asigurarea și controlul calității echipamentelor și utilajelor	66
8.3.1. Căile de ridicare a calității	66
8.3.2. Metode de control a calității	68
8.3.3. Diagnosticarea factorilor prin a căror nerespectare se produc deficiențe de calitate	68
8.4. Implicații economice ale îmbunătățirii calității	69
8.4.1. Mărirea productivității muncii	69
8.5. Creșterea eficienței economice a utilajelor și instalațiilor industriale	69
8.6. Sistemul de indicatori pentru caracterizarea calității	70
8.6.1. Indicatori care exprimă ponderea utilajelor și instalațiilor de calitate superioară în volumul total al utilajelor și instalațiilor de același fel	70
8.6.2. Indicatorii reclamațiilor beneficiarilor	71
8.6.3. Indicatorii rebuturilor	72
Cap. 9. Analiza calității în desfășurarea proceselor tehnologice de producție	72
9.1. Stabilitatea proceselor de producție	72
9.2. Cimp de împrăștiere și cimp de toleranțe	73
9.3. Capabilitatea proceselor tehnologice	75
9.4. Metoda sondajelor de volum mare	77
9.4.1. Date introductive	77

9.4.2. Construirea repartiției statice (experimentale). Calculul parametrilor	78
9.4.3. Testarea concordanței dintre repartiția experimentală și repartiția teoretică	80
9.5. Metoda sondajelor de volum redus	85
9.5.1. Date introductive	85
9.5.2. Verificarea omogenității dispersiilor de sondaj	86
9.5.3. Verificarea omogenității mediilor de sondaj	86
9.5.4. Stabilirea legii de repartiție a caracteristicii de calitate	91
9.6. Determinarea fracțiunii defecte probabile	93
Cap. 10. Metode statistice de control curent și de dirijare a proceselor tehnologice de întreținere și reparare	94
10.1. Limita de control. Erori și riscuri	94
10.2. Controlul statistic prin măsurare	95
10.2.1. Metode de control al centrului de grupare	95
10.2.2. Metode de control a preciziei	99
10.3. Controlul statistic prin atribute	100
10.4. Controlul numărului de defecte	102
Cap. 11. Controlul de recepție al echipamentelor industriale	105
11.1. Date introductive	105
11.2. Controlul prin sondaj. Frațiunea defectă. Riscul furnizorului și riscul beneficiarului	105
11.3. Planuri de control prin sondaj	107
11.4. Caracteristica operativă a planurilor de control prin sondaj	108
11.5. Controlul de recepție prin atribute	110
11.5.1. Planuri de control prin atribute de tipul sondajului simplu	110
11.5.2. Planuri de control secvențial	114
11.5.3. Verificarea calității loturilor de produse prin regula scorului	117
11.5.4. Limitarea sau trunchierea sondajului secvențial	117
11.5.5. Planuri de sondaj dublu	117
11.5.6. Planuri de sondaj multiplu	119
11.6. Controlul statistic de recepție prin măsurare	120
Cap. 12. Fiabilitatea echipamentelor industriale	121
12.1. Date introductive	121
12.2. Indicatorii statistici ai fiabilității	123
12.2.1. Timpul mediu de bună funcționare	123
12.2.2. Abaterea medie pătratică a timpilor de bună funcționare	124
12.2.3. Statistica căderilor	125
12.2.4. Funcția experimentală a fiabilității	127
12.2.5. Rata experimentală a căderilor	128
12.3. Defectele utilajelor și instalațiilor tehnologice, mașinilor de lucru, aparatelor, dispozitivelor și componentelor acestora	133
12.4. Legile de repartiție a defectelor	184
12.4.1. Repartiții probabilistice clasice	134
12.4.2. Legi uzuale de repartiție a defectelor	139
Cap. 13. Estimarea și controlul fiabilității echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale	145
13.1. Estimarea parametrilor de fiabilitate	145
13.2. Planuri de încercări de tipul n, F, k și n, C, k	147
13.3. Planuri de încercări de tipul n, F, T și n, C, T	149
13.4. Controlul fiabilității loturilor de produse	149
13.4.1. Planuri de control de tipul sondajului simplu, bazate pe încercări cenzurate n, k, t	150
13.4.2. Planuri de control de tipul sondajului simplu trunchiate n, c, T	152
13.4.3. Planuri de control secvențial	152
Cap. 14. Fiabilitatea sistemelor. Menținabilitatea și disponibilitatea echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale. Prelucrarea electronică a datelor privind calculul fiabilității echipamentelor și sistemelor	153
14.1. Date introductive	153
14.2. Fiabilitatea sistemelor	154
14.2.1. Fiabilitatea sistemelor cu elemente legate în serie	154
14.2.2. Fiabilitatea sistemelor cu elemente legate în derivație	155
14.2.3. Fiabilitatea sistemelor cu conexiune mixtă	157

14.3. Menținabilitatea și disponibilitatea produselor industriale (echipamente, utilaje, instalații etc.)	157
14.3.1. Menținabilitatea produselor industriale	157
14.3.2. Disponibilitatea produselor industriale	159
14.4. Căile de mărire a fiabilității produselor	160
14.5. Prelucrarea automată a datelor pentru calculul fiabilității produselor industriale	161
Partea a III-a. Probleme referitoare la clasificarea lucrărilor de întreținere și reparații influența solicitărilor electrice, termice și mecanice asupra echipamentelor electromecanice	164
Cap. 15. <i>Clasificarea lucrărilor de întreținere și reparații ale echipamentelor electromecanice</i>	164
15.1. Generalități	164
15.1.2. Cauzele defectării aparatului electromecanic	166
15.1.3. Clasificarea reparațiilor	167
15.1.4. Revizia tehnică	168
15.1.5. Reparația curentă	168
15.1.6. Reparația capitală	168
15.1.7. Volumul reparațiilor	169
15.1.8. Efectuarea reparațiilor	171
15.1.9. Întocmirea documentațiilor de reparații	171
15.1.10. Organizarea atelierelor de reparații	178
15.1.11. Înzestrarea tehnică a atelierelor de reparații	172
Cap. 16. <i>Probleme tehnice ale exploatarei, întreținerii și reparării echipamentelor electrice</i>	173
16.1. Încălzirea echipamentelor și aparatelor electrice	173
16.2. Influența curenților de scurtcircuit asupra instalațiilor electrice	177
16.3. Arcul electric în aparate	177
16.4. Proprietățile arcului electric	178
16.5. Contacte electrice	180
16.5.1. Clasificarea contactelor electrice	180
16.5.2. Rezistența de contact	181
16.5.3. Solicitățile termice și electrodinamice ale legăturilor de contact	183
16.5.4. Materiale folosite la execuția contactelor	183
16.6. Stingerea arcului electric	184
16.6.1. Medii de stingere a arcului	185
16.6.2. Metode și dispozitive de stingere a arcului	186
16.7. Răcirea instalațiilor electrice	189
16.8. Umezirea și uscarea izolației	193
16.8.1. Supravegherea regimului termic	196
16.8.2. Evacuarea umidității din mașină	196
16.8.3. Verificarea stării de uscare a izolației	197
16.8.4. Uscarea transformatoarelor	197
Cap. 17. <i>Vibrațiile mașinilor electrice. Cauzele și înlăturarea lor</i>	198
17.1. Generalități	198
17.2. Cauzele vibrațiilor	199
17.3. Măsurarea vibrațiilor	200
17.4. Înlăturarea vibrațiilor mărite ale mașinilor electrice prin echilibrarea rotoarelor	201
17.4.1. Rotorul manifestă un dezechilibru static evident	203
17.4.2. Rotorul nu are dezechilibru vizibil	204
17.4.3. Echilibrarea dinamică	204
Partea a IV-a. Probleme referitoare la tehnologia lucrărilor de întreținere și reparare a mașinilor electrice	206
Cap. 18. <i>Tehnologia întreținerii și reparării mașinilor electrice</i>	206
18.1. Generalități	206
18.1.1. Întreținerea mașinilor electrice	206
18.2. Defecte comune ale mașinilor electrice	210
18.2.1. Pe colectoare sau pe inelele colectoare se formează pete mate	210
18.2.2. Inelele colectoare ale mașinilor sincrone se uzează neuniform	214
18.2.3. Colectorul și inelele colectoare se uzează intens și neuniform	214

18.2.4.	Uzura perilor este excesiv de mare	215
18.2.5.	Cerc de foc la colector	216
18.2.6.	Punerea la masă a bobinajelor	216
18.2.7.	Suprîncîlzirea mașinii	217
18.2.8.	Zgomote și vibrații ale mașinilor electrice	219
18.3.	Repararea mașinilor electrice	220
19.3.1.	Demontarea cuplelor	221
18.3.2.	Demontarea rulmenților	221
18.3.3.	Scoaterea rotorului	226
18.3.4.	Rebobinarea mașinilor electrice	229
18.3.5.	Încercările mașinilor electrice	232
18.4.	Cuplarea mașinilor electrice	234
18.4.1.	Cuplarea directă	234
18.4.2.	Cuplarea prin curele și lanțuri de transmisie	236
Cap. 19.	<i>Tehnologia întreținerii și reparării transformatoarelor de putere</i>	237
19.1.	Supravegherea în exploatare a transformatoarelor de putere	237
19.2.	Repararea transformatoarelor	240
19.2.1.	Defecte și modul de remediere a lor la transformatoare	242
19.3.	Reglajul tensiunii unui transformator	248
19.3.1.	Reglarea tensiunii în trepte cu deconectarea transformatorului	248
19.3.2.	Reglarea tensiunii în trepte în sarcină sau comutatoare de priză în sarcină	249
19.4.	Încercarea transformatoarelor electrice	250
19.4.1.	Măsurarea rezistenței de izolație a bobinajelor	250
19.4.2.	Măsurarea în curent continuu a rezistenței bobinajelor	250
19.4.3.	Determinarea umidității izolației bobinajelor	251
19.4.4.	Măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice	251
19.4.5.	Măsurarea rigidității dielectrice a uleiului	251
19.4.6.	Măsurarea rezistențelor de izolație ale buloanelor de stringere	252
19.5.	Tehnologia curățirii și regenerării uleiului electroizolant	252
19.5.1.	Controlul uleiurilor în exploatare	252
19.5.2.	Prelevarea probelor de ulei	255
19.5.3.	Condiții tehnice de calitate	255
19.6.	Curățirea și regenerarea uleiului	255
Partea a V-a.	Tehnologii de întreținere și reparare a întreruptoarelor electrice, instalațiilor electrice, instalațiilor electrice ale mașinilor-unelte, mașinilor de ridicat și transportat, pompelor, și ventilatoarelor compresoarelor	
Cap. 20.	<i>Tehnologia întreținerii și reparării întreruptoarelor electrice</i>	260
20.1.	Generalități	260
20.1.1.	Aparataj de joasă tensiune cu comutare manuală	261
20.1.2.	Aparataj pentru automatizări	261
20.1.3.	Întreruptoare automate	262
20.1.4.	Aparataj de înaltă tensiune	263
20.1.5.	Dispozitive de acționare a întreruptoarelor	266
20.2.	Întreținerea și repararea întreruptoarelor electrice	267
20.2.1.	Repararea contactelor	269
20.2.2.	Recondiționarea dispozitivelor de stingere pentru întreruptoarele de joasă tensiune	272
20.3.	Recondiționarea mecanismului de indexare	273
20.4.	Recondiționarea carcaselor și cuvelor	274
20.5.	Recondiționarea bobinelor de tensiune	275
20.5.1.	Calculul bobinelor de tensiune pentru curent continuu	275
20.5.2.	Calculul bobinelor de tensiune pentru curent alternativ	277
20.5.3.	Recondiționarea bobinelor de curent	277
20.6.	Recondiționarea releelor termice	280
20.7.	Date privind întreținerea și repararea citorva tipuri de întreruptoare de joasă și înaltă tensiune, fabricate în țară	280
20.7.1.	Întreruptoare automate tip ISOL și OTOMAX de joasă tensiune	281
20.7.2.	Întreruptoare cu ulei puțin de medie și înaltă tensiune	282
20.8.	Întreținerea și repararea dispozitivelor de acționare	285
20.9.	Încercările și verificările întreruptoarelor	286

Cap. 21. <i>Tehnologia întreținerii și reparării instalațiilor electrice ale mașinilor-unelte</i>	287
21.1. Generalități	287
21.2. Acționarea mașinilor-unelte	289
21.2.1. Mașinile electrice folosite în acționarea mașinilor-unelte	289
21.2.2. Dispozitive electrice de comandă a mașinilor-unelte	294
21.3. Mecanisme inversoare. Inversorul electric	297
21.4. Electromagneți, cuplaje și sisteme de prindere electromagnetice folosite la mașinile-unelte	298
21.4.1. Electromagneți de acționare	298
21.4.2. Cuplaje electromagnetice	299
21.4.3. Cuplaje cu fricțiune	300
21.4.4. Cuplaje electromagnetice prin inducție	301
21.4.5. Frâne electromagnetice	301
21.5. Dispozitive de fixare magnetice și electromagnetice	301
21.6. Determinarea puterii motoarelor pentru acționarea mașinilor-unelte ..	303
21.7. Întreținerea și repararea instalațiilor electrice ale mașinilor-unelte	304
21.7.1. Întreținerea și repararea mașinilor electrice folosite la acționarea mașinilor-unelte	304
21.7.2. Întreținerea și repararea dispozitivelor de comandă electrică a mașinilor-unelte	305
21.7.3. Repararea cuplajelor și frinelor electromagnetice	306
21.7.4. Întreținerea și repararea dispozitivelor electromagnetice de fixare a pieselor	307
21.7.5. Verificarea instalațiilor electrice a mașinilor-unelte după reparație	308
21.8. Unele aspecte privind întreținerea și repararea părților mecanice a mașinilor-unelte	308
21.8.1. Repararea strungurilor normale	309
21.8.2. Repararea strungurilor revolver	309
21.8.3. Repararea mașinilor de frezat	312
21.8.4. Repararea mașinilor de rabotat longitudinal	314
21.8.5. Repararea mașinilor de găurit cu coloană și a mașinilor de găurit radiale	315
21.9. Verificarea mașinilor-unelte după reparație	317
21.10. Vopsirea mașinilor-unelte cu ocazia reparației	318
Cap. 22. <i>Tehnologia întreținerii și reparării mașinilor de ridicat și transportat</i>	319
22.1. Generalități	319
22.2. Întreținerea și repararea echipamentului electric al mașinilor de ridicat și transportat	320
22.3. Aparat electrice de conectare	320
22.3.1. Repararea aparatelor electrice de conectare	320
22.3.2. Repararea aparatelor electrice de conectare neautomată	321
22.4. Aparat electrice de protecție și de siguranță	321
22.5. Aparat electrice de acționare	323
22.6. Aparat de pornire și reglare	325
22.6.1. Repararea comutatoarelor stea-triunghi	325
22.6.2. Repararea inversoarelor de sens	326
22.6.3. Repararea controlerelor	326
22.6.4. Repararea rezistențelor și reostatelor de pornire și reglare ...	326
22.7. Echipamentul electric al ascensoarelor	326
22.8. Lucrări de reparații care se execută la mașinile de ridicat și transportat	327
22.9. Controlul și recepția mașinilor de ridicat și transportat reparate	328
22.9.1. Verificarea mașinilor de ridicat la mersul în gol	328
22.9.2. Verificarea funcționării mașinilor de transportat la mersul în gol	329
22.9.3. Verificarea mașinilor de ridicat sub sarcină	329
22.9.4. Verificarea mașinilor de transportat sub sarcină	329
Cap. 23. <i>Tehnologia întreținerii și reparării pompelor, compresoarelor și ventilatoarelor</i>	330
23.1. Generalități	330
23.2. Pompe	330
23.2.1. Pompe volumetrice	330
23.2.2. Pompe centrifuge	331
23.2.3. Pompe axiale	331

23.2.4. Tipuri constructive de pompe	331
23.3. Compresoare	334
23.4. Ventilatoare	334
23.5. Echipamentul electric al instalațiilor de pompe, compresoare și ventila- toare	335
23.6. Aparate de măsurat și control, traductoare	335
23.7. Mecanisme de reglare	337
23.8. Întreținerea și repararea instalațiilor de pompare, ventilație și compre- soare de aer	337
23.8.1. Repararea echipamentului electric aferent pompelor, ventila- toarelor și compresoarelor de aer	338
23.8.2. Repararea aparatelor de măsură și control, traductoarelor	339
Partea a VI-a. Tehnologii de întreținere și reparare a redresoarelor electrice, acumula- toarelor electrice instalațiilor pentru îmbunătățirea factorului de putere, cuploare electrice, filtrelor electrostatice, acționărilor electrice cu mutatoare, cu semiconductoare	340
Cap. 24. Tehnologia întreținerii și reparării redresoarelor electrice	340
24.1. Generalități	340
24.2. Utilizările elementelor redresoare	342
24.3. Întreținerea și repararea redresoarelor	344
24.3.1. Întreținerea și repararea redresoarelor cu mercur	344
24.3.2. Întreținerea și repararea redresoarelor cu semiconductoare ...	345
Cap. 25. Tehnologia întreținerii și reparării acumulateoarelor electrice	347
25.1. Generalități	347
25.2. Funcționări anormale ale acumulateoarelor acide. Condiții de remediere a cauzelor acestora	248
25.3. Funcționări anormale ale acumulateoarelor alcaline	351
Cap. 26. Tehnologia întreținerii și reparării instalațiilor pentru îmbunătățirea factorului de putere	351
26.1. Generalități	351
26.2. Efectele scăderii factorului de putere în instalații și rețele electrice	352
26.2.1. Creșterea pierderilor de putere în rezistența conductoarelor	352
26.2.2. Necesitatea supradimensionării instalațiilor	353
26.2.3. Reducerea posibilităților de încărcare cu putere activă a insta- lațiilor	353
26.2.4. Creșterea căderilor de tensiune în instalații	353
26.2.5. Creșterea tensiunii în instalații, în cazul unui factor de putere capacitiv	353
26.2.6. Necesitatea unor întreruptoare automate cu putere de rupere mai mare	353
26.3. Măsuri pentru îmbunătățirea factorului de putere al receptoarelor electrice	354
26.3.1. Mărirea coeficientului de încărcare al motoarelor prin înlocuirea motoarelor de putere prea mare cu motoare de putere mai mică	354
26.3.2. Utilizarea limitatoarelor de mers în gol	354
26.3.3. Execuția de bună calitate a reparațiilor motoarelor electrice	355
26.3.4. Înlocuirea transformatoarelor cu puteri prea mari prin altele cu puteri mai mici	355
26.4. Măsuri specifice pentru îmbunătățirea factorului de putere	355
26.4.1. Utilizarea condensatoarelor	355
26.4.2. Utilizarea mașinilor sincrone	356
26.4.3. Sincronizarea motoarelor asincrone	356
26.5. Întreținerea și repararea condensatoarelor statice utilizate pentru îmbunătățirea factorului de putere	357
Cap. 27. Tehnologia întreținerii și reparării unor utilaje electromecanice care utilizează energia electrică în industria chimică, siderurgică și metalurgică	359
27.1. Generalități	359
27.2. Cuploare electrice	360
27.2.1. Cuploare electrice cu rezistență	360
27.2.2. Cuploare de inducție	361
27.2.3. Cuploare electrice cu arc	362

27.3. Întreținerea și repararea cuptoarelor electrice	364
27.4. Întreținerea și repararea instalațiilor de electroliză.....	365
27.5. Întreținerea și repararea filtrelor electrice și instalațiilor pentru vopsirea în cimp electrostatic	365
Cap. 28. <i>Tehnologia reparării rețelelor electrice în cablu</i>	366
28.1. Generalități	366
28.2. Accesorii pentru cabluri	366
28.3. Condiții de instalare a cablurilor electrice.....	368
28.4. Îmbinarea și conectarea cablurilor	369
28.5. Montarea manșoanelor și capetele terminale	369
28.5.1. Montarea manșoanelor de cablu	369
28.5.2. Montarea cutilor terminale de cablu	372
28.6. Deranjamentele rețelelor de cabluri	373
28.7. Determinarea punctului de defect la cabluri	373
28.8. Exploatarea, întreținerea și repararea rețelelor de cabluri	375
28.9. Încercări, verificări și măsurări uzuale ale rețelelor electrice în cablu	375
Cap. 29. <i>Întreținerea și repararea acționărilor electrice cu mutatoare cu semiconductoare</i>	378
29.1. Generalități	378
29.2. Definiții și condiții de funcționare a acționărilor electrice cu mutatoare cu semiconductoare	378
29.3. Instalații monofazate de redresare pentru comanda motoarelor de curent continuu	380
29.3.1. Instalații monofazate cu redresarea unei singure alternanțe	381
29.3.2. Instalații monofazate cu redresarea ambelor alternanțe	381
29.4. Instalații trifazate de redresoare pentru comanda motoarelor de curent continuu	382
29.4.1. Instalație trifazată cu redresarea unei singure alternanțe	382
29.4.2. Instalație trifazată cu redresarea ambelor alternanțe	383
29.5. Instalații de reglare a turației prin pulsuri de tensiune de la o sursă de curent continuu	383
29.6. Instalații pentru reglarea fără pierderi a turației motoarelor asincrone	384
29.6.1. Comanda tensiunii de alimentare a motorului prin tiristoare montate în paralel (montaj antiductor)	384
29.6.2. Comanda frecvenței tensiunii de alimentare prin convertizor direct (cicloconvertor)	384
29.6.3. Comanda simultană a tensiunii și frecvenței de alimentare cu convertizoare cu circuit intermediar de curent continuu	384
29.6.4. Reglarea turației prin recuperarea energiei de alunecare	385
29.7. Instalație pentru reglarea cu pierderi a turației motoarelor asincrone	385
29.8. Tipuri de mutatoare fabricate în țară, utilizate în acționări electrice	386
29.9. Întreținerea și repararea instalațiilor industriale echipate cu mutatoare	394
Cap. 30. <i>Recomandări de protecție a muncii și tehnică a securității la instalațiile și echipa- mentele electromecanice</i>	395
30.1. Probleme generale privind protecția împotriva accidentelor datorite curentului electric	395
30.2. Măsuri tehnice și organizatorice cu caracter general pentru asigurarea protecției muncii în instalațiile electrice	396
30.3. Recomandări specifice de protecție a muncii și prevenire a incendiilor la lucrările întreținere și reparare a utilajelor electromecanice	397
30.3.1. Pentru mașini electrice	397
30.3.2. Pentru transformatoare electrice	397
30.3.3. Pentru întreruptoare electrice	398
30.3.4. Pentru mașini-unelte	399
30.3.5. Pentru mașini de ridicat și transportat	399
30.3.6. Pentru pompe, ventilatoare, compresoare	400
30.3.7. Pentru redresoare electrice	400
30.3.8. Pentru acumulatori electrice	401
30.3.9. Pentru instalațiile de ameliorare a factorului de putere ($\cos \varphi$)	401
30.3.10. Pentru cabluri electrice	402
30.3.11. Pentru cuptoare de tratamente termice	402
Anexă	403
Bibliografie	416

P R E F A Ț A

Lucarea se referă la organizarea și conducerea activităților de întreținere și reparare a utilajelor electromecanice, calitatea și fiabilitatea acestora, precum și la tehnologiile de întreținere și reparare a utilajelor și echipamentelor electromecanice. Ea conține șase părți și o anexă.

Prima parte a lucrării expune probleme referitoare la organizarea și conducerea activităților de întreținere și reparare a utilajelor electromecanice.

În partea a II-a lucrarea conține probleme privind calitatea, fiabilitatea, mentenabilitatea și disponibilitatea echipamentelor și instalațiilor electromecanice.

Partea a III-a a lucrării cuprinde probleme referitoare la clasificarea lucrărilor de întreținere și reparare, influența solicitărilor electrice, termice și mecanice asupra echipamentelor electromecanice.

Partea a IV-a a lucrării tratează tehnologii de întreținere și reparare a mașinilor electrice.

În partea a V-a a lucrării se expun tehnologii de întreținere și reparare a întreruptoarelor electrice, instalațiilor electrice ale mașinilor unelte, mașinilor de ridicat și transportat, pompelor, ventilatoarelor și compresoarelor.

Partea a VI-a a lucrării prezintă tehnologii de întreținere și reparare a redresoarelor și acumulateoarelor electrice, instalațiilor pentru îmbunătățirea factorului de putere, cuptoarelor electrice, filtrelor electrostatice, acționărilor electrice cu mutatoare și semiconductoare.

Se expun, în continuare, unele recomandări de protecție a muncii și tehnică a securității în procesele de întreținere și reparare a echipamentelor și instalațiilor electromecanice.

Lucrarea se încheie cu o anexă privind verificările și încercările specifice unor componente electronice utilizate în mod curent în construcția echipamentelor și utilajelor electromecanice.

În acord cu documentele celui de-al XII-lea Congres al Partidului Comunist Român și cu alte documente actuale de partid și de stat, în lucrare au fost dezvoltate unele idei noi privind abordarea sistemică a proceselor de întreținere și reparare, precum și aspecte fundamentale ale calității, fiabilității și mentenabilității echipamentelor electromecanice.

Tehnologiile de întreținere și reparare ale diverselor utilaje și echipamente electromecanice sînt prezentate în contextul celor mai noi realizări ale cercetării tehnologice actuale în acest domeniu.

Coordonarea lucrării a fost efectuată de Prof. univ. dr. ing. Constantin Cruceru și Conf. univ. dr. ing. Theodor Maghiar.

Contribuția autorilor la întocmirea lucrării este următoarea: C. Cruceru cap. 1—15, 30 și anexa; Th. Maghiar cap. 16—21 și cap. 23—27; A. Lezeu cap. 22, 28; V. Stănilă cap. 29.

Lucarea se adresează studenților de la secțiile de ingineri și subingineri cu profil electric. Ea poate fi utilizată și de specialiști din industrie, ingineri și tehnicieni, care prin natura activității lor au contingență cu conținutul lucrării.

Autorii ar fi bucuroși să primească sugestii și recomandări de la cei care studiază prezenta lucrare, în scopul îmbunătățirii conținutului ei cu ocazia unei eventuale reeditări a acesteia.

AUTORII

PARTEA I

PROBLEME REFERITOARE LA ORGANIZAREA ȘI CONDUCEREA ACTIVITĂȚILOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARARE A UTILAJELOR ELECTROMECHANICE

CAPITOLUL 1

CONCEPTUL SISTEMIC ÎN ORGANIZAREA ȘI CONDUCEREA ACTIVITĂȚILOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII A ECHIPAMENTELOR, UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR ELECTROMECHANICE

1.1. DATE INTRODUCTIVE

La baza conceptului sistemic în organizarea și conducerea activităților de întreținere și reparații a utilajelor electromecanice stau principalele obiective ale acestor activități, strategia întreținerii și reparațiilor, sistemele de întreținere și reparații, elaborarea pe baze științifice a programelor de întreținere și reparații.

Conducerea științifică a întreținerii și reparării utilajelor electromecanice are ca scop: menținerea utilajelor în stare de funcționare; evitarea opririlor accidentale și eliminarea posibilităților de declanșare a avariilor; reducerea sistematică a cheltuielilor de întreținere și reparații; studierea permanentă a cauzelor opririlor accidentale pentru prevenirea lor; culegerea, selectarea și păstrarea unui mare volum de date și informații care să permită calculul fiabilității și mentenabilității utilajelor.

În scopul realizării celor menționate, compartimentele de întreținere și reparații trebuie să posede mai multe atribuții: amplasarea și punerea în funcțiune în intervale de timp reduse a utilajelor reparate; programarea lucrărilor de întreținere și reparații în funcție de posibilitățile de execuție și urgența intervențiilor; modernizarea utilajelor și instalațiilor cu ocazia reparațiilor; cooperarea în realizarea lucrărilor cu alte secții și întreprinderi; crearea unui sistem informațional rațional și eficace care să permită cunoașterea aprofundată a stării tehnice și de intervenție pentru fiecare utilaj în parte.

1.2. ABORDAREA SISTEMICĂ A ACTIVITĂȚILOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII

Creșterea continuă a complexității utilajelor electromecanice, crearea de funcții multiple a acestora, identificarea relațiilor dintre elementele lor componente și condițiile ambiante de funcționare au condus la abordarea sistemică a activităților de întreținere și reparații.

În acest scop, întreținerea și repararea utilajelor are în vedere desfășurarea lor, în condiții optime, în funcție de: sistemul de reparații adoptat

(centralizat, descentralizat, mixt); caracteristica procedeeilor de execuție (continue, discontinue); complexitatea utilajelor; gradul lor de uzură; organizarea ergonomică a muncii; colaborarea dintre sectoarele productive și de întreținere-reparații; tipul întreținerii și reparării (curentă, periodică, capitală).

Aplicarea conceptului sistemic în organizarea activităților de întreținere și reparații implică adoptarea unei strategii proprii care cuprinde: stabilirea sistemelor de reparații și a planurilor de întreținere și reparații; optimizarea planurilor de reparații cu resursele de materii prime, materiale, combustibil, energie, piese de schimb, stabilirea unor bugete de cheltuieli de întreținere pe secții și ateliere: introducerea celor mai noi procedee de lucru.

Un rol important al abordării sistemice a activităților de întreținere și reparații îl are structura acestor activități prin: precizarea activităților specifice și gruparea lor după criterii de asemănare; stabilirea interdependențelor interne și externe dintre ele; precizarea tehnicilor și metodicilor de lucru; asigurarea informațiilor necesare în interiorul și exteriorul activităților; realizarea unor coordonări unice între resursele materiale și umane pentru obținerea unor procedee optime de întreținere și reparare.

1.3. SISTEME DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARARE

Sistemele de întreținere și reparații a utilajelor electromecanice, elaborate pe baza conceptului sistemic al acestor activități, au în vedere: coordonarea și realizarea unică a întreținerii și reparării utilajelor; specializarea personalului de întreținere în funcție de specificul lucrărilor; separarea activității de întreținere curentă de activitatea de reparații; crearea unui sistem informațional complet și asistarea de către calculator a activităților de întreținere și reparații.

Sistemele moderne de întreținere și reparare plasează aceste activități în cadrul funcțiunii de producție, permițând o intercondiționare strânsă între întreținerea și repararea utilajelor, pe de o parte și compartimentele productive ale întreprinderilor, pe de altă parte.

Ținându-se seamă de cele menționate, sistemele de întreținere și reparații se pot grupa în: sisteme de întreținere corectivă; sisteme de întreținere preventiv-planificate; sisteme de revizii tehnice și reparații; sisteme de întreținere și reparații de tip paliativ.

1.3.1. SISTEMUL DE ÎNTREȚINERE CORECTIVĂ

Acest sistem conține ansamblul măsurilor ce trebuie luate pentru îmbunătățirea constructivă, funcțională și fiabilistică a utilajelor electromecanice.

Îmbunătățirea constructivă se realizează prin reproiectare sau prin diferite procedee tehnice, pentru eliminarea unor piese cu uzură mare, cu vibrații puternice, cu zgomot mare etc.

Îmbunătățirea funcțională se obține afectând utilajelor dispozitive cu funcții multiple (găurire și alezare simultană, prelucrarea mai multor piese în aceeași unitate de timp prin jocuri de scule sau capete multi-ax, sudură prin punct sau continuă cu același convertizor de sudură etc.), scule și verificatoare pentru controlul automat al proceselor tehnologice.

Îmbunătățirea fiabilistică are ca scop aplicarea unor măsuri constructive și tehnologice pentru mărirea duratei de serviciu a utilajelor electromecanice (tipuri noi de materiale și SDV, consumuri energetice raționale etc.).

Întreținerea corectivă se aplică pe întreaga durată de garanție prevăzută de constructorul utilajelor, în perioada de punere în funcțiune și, uneori, în perioada de exploatare, pe baza unor înțelegeri prealabile între furnizorii și beneficiarii de utilaje.

1.3.2. SISTEMUL DE ÎNTREȚINERE PREVENTIV PLANIFICAT

Sistemul de întreținere preventiv planificat are ca scop reducerea uzurii, menținerea utilajelor și instalațiilor în condiții de bună funcționare și evitarea stăgânărilor neprevăzute ale acestora.

Acest sistem cuprinde în principiu următoarele operații: curățirea și îngrijirea dotării tehnice; lubrifierea utilajelor și instalațiilor aferente; urmărirea zilnică a comportării în exploatare; revizia parțială a utilajelor și instalațiilor; controlul calitativ al produselor realizate pe utilajele și instalațiile tehnologice respective.

Aplicarea sistemului de întreținere preventiv-planificat nu afectează buna desfășurare a proceselor tehnologice productive, întrucât măsurile preconizate de acest sistem se realizează în timpul pauzelor de masă, între schimburi sau cu ocazia reglajelor utilajelor și schimbarea SDV.

1.3.3. SISTEMUL DE REVIZII TEHNICE ȘI REPARAȚII

În cadrul acestui sistem se realizează: revizii tehnice (R_t); reparații curente de gradul I (R_{c1}) și reparații curente de gradul II (R_{c2}); reparații capitale (R_k).

1.3.4. SISTEMUL DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII DE TIP PALIATIV

Acest sistem soluționează temporar, provizoriu o anumită stare de defect a unui utilaj electromecanic și se aplică utilajelor vechi, la care întreținerea preventivă nu este economică. Sistemul reprezintă deci un compromis pînă la achiziționarea unui nou utilaj și se aplică în unele cazuri și pentru modernizarea anumitor utilaje.

CAPITOLUL 2

ANALIZA TEHNICO-ECONOMICĂ A STĂRII TEHNICE A ECHIPAMENTELOR, UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR ELECTROMECHANICE SUPUSE ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII

2.1. DATE INTRODUCTIVE

Analiza tehnico-economică a stării tehnice a echipamentelor, utilajelor și instalațiilor electromecanice supuse întreținerii și reparării conține patru etape distincte: analiza stării tehnice a echipamentelor și utilajelor; ana-

liza costului întreținerii preventiv-planificate; analiza costului reviziilor și reparațiilor preventiv-planificate și accidentale; analiza corectitudinii întreținerii și reparațiilor.

Analiza tehnico-economică, întocmită în condițiile susmenționate, are ca scop stabilirea obiectivelor și metodelor pentru formularea diagnosticului activităților de întreținere și reparare.

2.2. CONȚINUTUL ANALIZEI TEHNICO-ECONOMICE

Analiza stării tehnice a utilajelor. După punerea în funcțiune a unui utilaj electromecanic, în decursul timpului, datorită uzurii, acesta își pierde din precizie, încep să apară defecte cu caracter brusc, accidental sau progresiv avînd mai multe cauze: construcție necorespunzătoare, montaj necorespunzător, rodaj incorect realizat, exploatare irațională. De aceea, menținerea în perfectă stare de funcționare a utilajelor are o deosebită importanță pentru realizarea unei producții ritmice, de calitate și cu beneficii maxime. Scopul analizei tehnice este de a pune în evidență cauzele susmenționate, pentru prevenirea opririlor utilajelor, descoperirea la timp a defectelor, determinarea momentului de revizie sau de reparare a unui utilaj, organizarea realizării pieselor de schimb.

Revizia stării tehnice se face periodic conform unor normative și trebuie să vizeze, de asemenea, starea de uzură a utilajelor și elementelor lor componente prin teste specifice și probe practice de funcționare.

Analiza costului întreținerii preventiv-planificate. Activitatea de întreținere preventiv-planificată este condiționată de: structura de reparare care determină tipul de utilaj, tehnologia de execuție și de întreținere și nivelul de calificare a personalului de deservire.

De aceea, analiza costului întreținerii preventiv-planificate trebuie să pună în evidență dacă: s-a efectuat o selectare corespunzătoare a lucrărilor de întreținere; tehnologia de întreținere aplicată este cea mai eficientă și adecvată din punct de vedere tehnico-economic.

Analiza costului reviziilor și reparațiilor preventiv-planificate și a reparațiilor accidentale. Această analiză are ca scop: reducerea la minimum a opririlor utilajelor prin prevenirea defectăunilor; reducerea cheltuielilor de întreținere și reparații; diminuarea numărului de reparații prin întreținerea corectă a utilajelor; gestionarea corespunzătoare a stocului de piese de schimb și SDV.

După această analiză se fac recomandări pentru remedierea deficiențelor existente în revizia și repararea unor utilaje și se elaborează diagnosticul activităților de întreținere și reparații fundamentat prin măsuri de remediere cu caracter organizatoric, tehnic, de conducere (sistemul informațional și decizional) și economic (bugete de cheltuieli, contabilizarea cheltuielilor, analize periodice, sistemul de urmărire și raportare a cheltuielilor de întreținere și reparații).

2.3. OBIECTIVE, METODE ȘI ETAPE PENTRU ELABORAREA DIAGNOSTICULUI ACTIVITĂȚILOR DE ÎNȚEȚINERE ȘI REPARARE

Obiectivele diagnosticului activităților de întreținere și reparații a utilajelor electromecanice. Analiza stării tehnice și a costurilor întreținerii și reparații permite să se pună în evidență obiectivele acestor activități care sînt, în principal, următoarele: relevarea principalelor aspecte pozitive și negative din sistemul de întreținere și reparații adoptat; aprecierea stării generale a fiecărui utilaj și pe grupe de utilaje; elaborarea unor stocuri optime de piese de schimb; îmbunătățirea controlului calitativ a întreținerii și reparațiilor, modalitățile de înlăturare a opririlor accidentale cu frecvență mare.

Pentru abordarea și soluționarea obiectivelor menționate se pot aplica mai multe metode: *metoda directă* (se bazează pe culegerea, înregistrarea și prelucrarea datelor obținute nemijlocit din analiza activităților de întreținere și reparații); *metoda analizei economice* (se bazează pe utilizarea evidențelor tehnico-operative, contabile și statistice privind activitățile de întreținere și reparații); *metoda mixtă* (care combină metoda directă cu metoda analizei economice),

Cunoscîndu-se obiectivele și metodele de investigație a întreținerii și reparațiilor se procedează la fixarea etapelor realizării diagnosticului și succesiunea acestora. Aceste etape sînt următoarele:

a) Elaborarea măsurilor tehnice și organizatorice privind întreținerea și reparațiile (acțiuni preliminare, formarea echipelor de intervenție, nominalizarea metodelor și tehnicilor utilizate, termene de execuție și predare).

b) Descrierea amănunțită a organizării lucrului pe baza informațiilor culese, ierarhizarea metodicilor de intervenție asupra utilajelor diagnosticate.

c) Elaborarea recomandărilor cu aplicabilitate imediată sau de viitor privind utilajele care au fost supuse întreținerii și reparațiilor.

d) Eficiența economică estimativă a recomandărilor.

Pe baza obiectivelor și metodelor de investigație a activităților de întreținere și reparații se întocmește documentația tehnică referitoare la diagnosticul acestor activități care trebuie să cuprindă:

— *prezentarea generală a întreprinderii* în care sînt montate și funcționează utilajele electromecanice analizate, evoluția întreprinderii în ultimii ani, structura organizatorică, a întreprinderii;

— *activitatea economică a întreprinderii* pe perioada analizată (producția netă, producția marfă vîndută și încasată, calitatea producției și a intervențiilor la utilaje etc.);

— *dotarea tehnică a secțiilor de producție* (valoarea totală a fondurilor fixe, nominalizarea grupelor de utilaje pe tipuri în cadrul secțiilor de bază și auxiliare, gradul mediu de uzură al fondurilor fixe);

— *gradul de mecanizare și automatizare a muncii* (evidențierea gradului de mecanizare și automatizare, evoluția autodotării);

— *utilizarea fondului de timp al utilajelor* (fondul de timp destinat producției, fondul de timp destinat intervențiilor planificate, fondul de timp alocat pentru înlăturarea defecțiunilor accidentale, fondul de timp pierdut cu nefuncționarea utilajelor din cauza lipsei pieselor de schimb și accesoriile și lipsurile organizatorice);

— *programarea, lansarea, urmărirea și raportarea planului de întreținere și reparații* (planificarea lucrărilor de intervenție, documente de evidență și lansare, urmărirea realizării programului de întreținere și reparații);

— *organizarea activităților de întreținere și reparații* (pregătirea și organizarea curățirii utilajelor, organizarea activității de lubrifiere, organizarea intervențiilor și reviziilor, organizarea realizării pieselor de schimb, organizarea controalelor și probelor funcționale, organizarea secțiilor de întreținere și reparații);

— *calitatea intervențiilor realizate* (calitatea curățirii și întreținerii utilajelor, calitatea lucrărilor de lubrifiere efectuată, calitatea reviziilor parțiale și generale efectuate, calitatea pieselor de schimb confecționate, calitatea reparațiilor);

— *situația forței de muncă* (preocupări pentru calificarea și ridicarea calificării personalului de întreținere și reparații);

— *aspecte privind consumul de energie*, combustibil, lubrifianti (consumuri energetice pe bază de bilanț, dotarea cu instalații pentru urmărirea consumurilor, valorificarea resurselor secundare de energie);

— *eficiența economică a diagnosticului* (utilizarea judicioasă a resurselor disponibile, introducerea mecanizărilor și autototărilor, aplicarea unor tehnologii moderne de întreținere și reparații);

— *programul de implementare a recomandărilor și de acordare a asistenței de specialitate* (denumirea lucrărilor de implementat, fixarea perioadei de implementare, delimitarea asistenței tehnice și durata ei în timp).

CAPITOLUL 3

APLICAREA CERCETĂRII OPERAȚIONALE ÎN DOMENIUL ÎNȚEȚINERII ȘI REPARĂRII ECHIPAMENTELOR, UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR INDUSTRIALE

3.1. DATE INTRODUCTIVE

Întreținerea și repararea echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale devine o activitate tot mai complexă ca urmare a aplicării celor mai noi realizări ale științei și tehnicii contemporane, utilizând în acest scop un aparat matematic și mijloace de calcul perfecționate. Un rol deosebit, în direcția celor menționate, îl are cercetarea operațională. O astfel de cercetare este fundamentată pe o anumită concepție și metodologie de studiu având la bază teoria deciziei, teoria programării, teoria grafelor, teoria fenomenelor de așteptare și teoria uzurii.

O importanță esențială în cercetarea operațională îl au de asemenea programarea liniară, programarea neliniară (pătratică, hiperbolică), programarea stohastică și programarea dinamică.

Seleționând unele prevederi ale cercetării operaționale menționăm că, în activitățile de întreținere și reparații, rolul preponderent îl are aplicarea metodei drumului critic așa cum se va arăta în continuare.

3.2. APLICAREA DRUMULUI CRITIC ÎN ACTIVITĂȚILE DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARARE A ECHIPAMENTELOR, UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR INDUSTRIALE

Pentru înțelegerea aplicării acestei metode în activitățile de întreținere și reparații se vor prezenta noțiunile care stau la baza metodei și unele aplicații concrete ale acesteia.

3.2.1. NOȚIUNI DE BAZĂ. ACTIVITĂȚI ȘI EVENIMENTE

Aplicarea metodei drumului critic se bazează pe așa-numitul *grafic rețea*, care reprezintă sub forma unei scheme plane desfășurarea activităților de realizat.

Activități. O activitate constituie o parte distinctă dintr-o lucrare de întreținere sau reparare, un subproces precis determinat care consumă timp și eventual resurse. Unele activități necesită timp, însă nu necesită consum de resurse. Astfel de activități se numesc *așteptări*.

În unele cazuri, există activități care nu necesită nici timp și nici resurse și se introduc în graficul rețea numai pentru a impune o anumită succesiune tehnologică a activităților sau pentru a introduce anumite condiții. Aceste activități se numesc *activități fictive* și se consideră că au durată zero.

Durata unei activități se evaluează în minute, ore, zile, săptămâni, luni etc., în funcție de gradul de detaliere a analizei structurii lucrărilor și de nivelul lor de realizare.

Evenimente. Pe graficul rețea, activitatea este reprezentată printr-o săgeată orientată în sensul desfășurării proceselor de întreținere și reparații. Extremitățile săgeților (nodurile rețelei) se numesc evenimente și se reprezintă prin cercuri. Evenimentele reprezintă începerea sau terminarea uneia sau a mai multor activități. Ele delimitează, în funcție de rețea, activitățile. La un eveniment pot ajunge sau dintr-un eveniment pot să plece una sau mai multe activități, în funcție de succesiunea tehnologică a activităților. Evenimentul care se află la începutul unei activități se numește *eveniment precedent* activității respective iar evenimentul care se află la finele unei activități se numește *eveniment următor* al activității respective.

Evenimentul care nu are nici o activitate precedentă se numește *eveniment final*.

Fiecare eveniment se numerotează cu un număr ce se înscrie în interiorul cercului ce marchează evenimentul. Numerotarea se face începîndu-se de la evenimentul inițial în sensul desfășurării activităților de întreținere și reparare.

Activitatea care nu este precedată de alte activități se numește *inițială* iar activitatea care nu este urmată de nici o altă activitate se numește *finală*.

O activitate se simbolizează, conform figurii 3.1, sub forma $A(m, n)$, scriindu-se deasupra săgeților, iar sub săgeți se scrie durata lor. Durata unei activități se notează prin simbolul $Y(m, n)$.

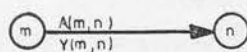


Fig. 3.1. Simbolizarea unei activități.

3.2.2. METODE DE REPREZENTARE GRAFICĂ

În cercetarea operațională aplicată în activitățile de întreținere și reparare, prin grafuri, se utilizează trei metode: metoda graficului rețea, metoda diagramei de succesiune, metoda potențialelor și metoda matricială.

Metoda graficului rețea. La aplicarea acestei metode trebuie să se aibă în vedere mai multe condiții și anume:

- activitățile se desfășoară întotdeauna într-un singur sens, de la evenimentul inițial către evenimentul final; nici o activitate nu poate începe decât după terminarea tuturor activităților precedente;

- dacă două sau mai multe activități pleacă din același eveniment și desfășurându-se în paralel ajung la același eveniment se introduc pentru evidențierea lor separată, activități fictive (fig. 3.2);

- dacă începerea unei activități de reparații C depinde de terminarea a două activități distincte A și B , în timp ce o altă activitate depinde de una dintre ele (de exemplu activitatea B) atunci interdependența dintre ele se reprezintă ca în figura 3.3;

- dacă în cazul reparării unui utilaj, există activități care pot fi începute înainte de terminarea completă a unei activități precedente, atunci, aceasta din urmă se poate divide în mai multe părți, fiecare dintre aceste activități fiind luate în considerare în graficul rețea, ca activități distincte. Această afirmație se exemplifică în figura 3.4, în care activitatea A (de demontare a unui utilaj pe subansambluri), a fost divizată în patru subactivități A_1, A_2, A_3, A_4 prin evenimentele 2, 3 și 4, pentru a se putea reprezenta corect începerea activităților B, C și D . Acest procedeu are aplicații, cu bune rezultate, în organizarea îndeplinirii proceselor de reparații în flux;

- un grup de activități poate fi comasat într-o singură activitate în cazul când acest grup pornește de la același eveniment m și se termină cu un singur eveniment n . De exemplu, în figura 3.5, a grupul de activități B, C, D, F pornesc din evenimentul 2 și se termină în evenimentul 5. Aceste activități pot fi comasate într-o singură activitate H , conform figurii 3.5, b ;

- un grup de activități nu poate fi comasat atunci când în evenimentele intermediare m și n , pleacă sau sosesc activități care nu sosesc în evenimentul n , sau nu pleacă din evenimentul m . De exemplu, în graficul din figura 3.6 nu este admisă comasarea activităților A, C, E, F și G , întrucât în evenimentul 3 sosește H , care nu pleacă din evenimentul 1;

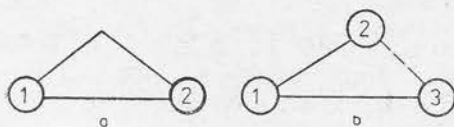


Fig. 3.2. Reprezentarea grafică a unei activități fictive.

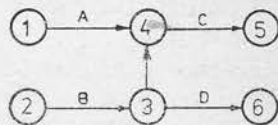


Fig. 3.3. Interdependența dintre două activități distincte A și B .

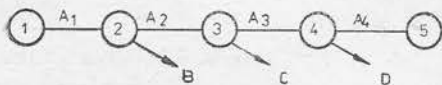


Fig. 3.4. Divizarea unei activități în mai multe subactivități.

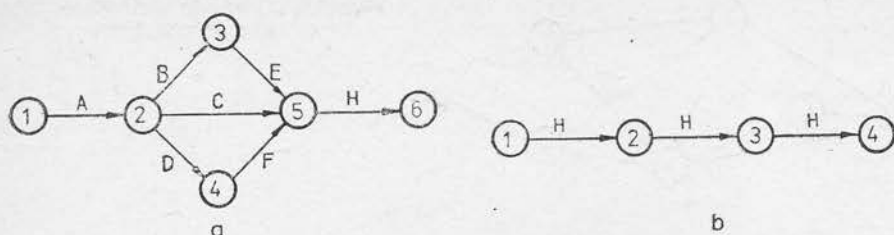


Fig. 3.5. Comasarea unui grup de activități într-o singură activitate:
 a — comasarea unor activități paralele (B, E și D, F); b — graful echivalent de activități serie.

Fig. 3.6. Graf de activități la care nu este admisă comasarea acestora.

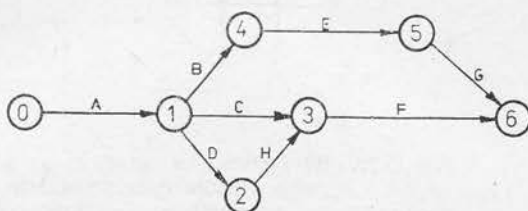


Fig. 3.7. Forma unui graf de activități cu amplasarea evenimentului inițial în alt loc.

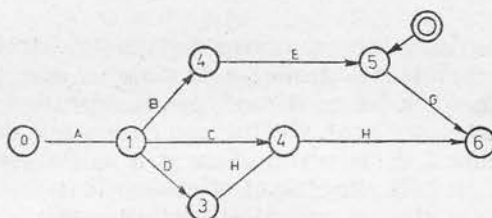
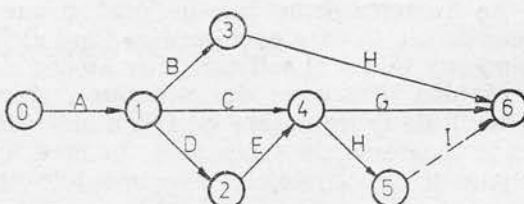


Fig. 3.8. Graf posedind noduri evenimente din care sosesc și pleacă mai multe activități.



— când mai multe activități pornesc dintr-un eveniment inițial iar reprezentarea unora dintre ele este dificilă, se poate amplasa evenimentul inițial și în alt loc, pe graficul rețea, prin simbolizarea lui cu două cercuri concentrice (fig. 3.7) având NUMEROTAREA zero (simbolul evenimentului inițial);

— dacă într-un nod eveniment sosesc și pleacă mai multe activități, acest nod eveniment indică concomitent, terminarea tuturor activităților ce converg în nodul eveniment respectiv și începerea activităților ce pleacă din acest nod. De exemplu, în figura 3.8, nodul 4 indică terminarea activităților C și E și începerea activităților G și H;

— pentru lucrări complexe se pot întocmi graficele rețea parțiale (subgrafuri), care sînt apoi asamblate într-un grafic rețea complet al lucrării.

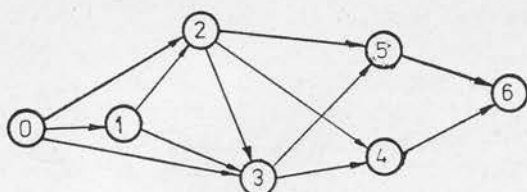


Fig. 3.9. Graf de activitate divergent-convergent.

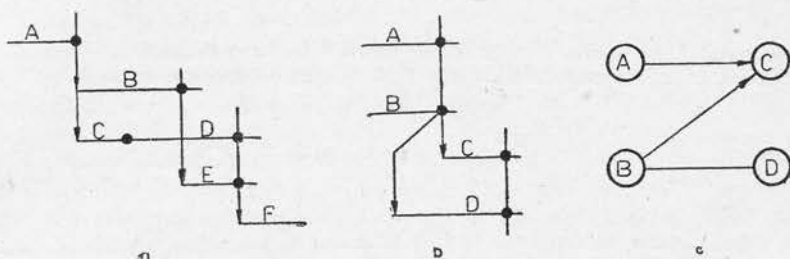


Fig. 3.10. Reprezentarea grafică a activităților și evenimentelor sub forma unor diagrame de succesiune:

a — activitatea A condiționează realizarea activităților B și C; b — activitățile A și B condiționează activitățile C și D; c — intercondiționarea activităților A, B, C și D.

La asamblarea graficelor parțiale trebuie să se urmărească stadiile de execuție din graficele parțiale să corespundă cu stadiile din graficul rețea complet. În acest mod, pot fi reprezentate printr-un singur grafic denumit *rețea* sau *graf*. Graful, așa cum a fost denumit mai sus, este *divergent* dacă pleacă de la un eveniment unic (începutul unei activități sau al primelor activități simultane) și *convergent* când are, un eveniment final unic (finele ultimei activități sau ultimelor activități simultane), așa cum relevă figura 3.9.

Se numește *drum* într-un graf, o succesiune în activități parcursă în sens direct, în care evenimentul final al fiecărei activități coincide cu evenimentul inițial al activității următoare.

Metoda diagramei de succesiune. Aceasta constituie, de asemenea, o metodă de reprezentare grafică a activităților și evenimentelor sub forma unor diagrame de succesiune, în care activitățile sînt reprezentate prin segmente orizontale, iar evenimentele prin segmente verticale (fig. 3.10, a, b, c).

Astfel, în figura 3.10, a activitatea A condiționează realizarea activităților B și C iar activitățile D și E condiționează activitatea F.

În figura 3.10, b activitățile A și B condiționează activitatea C și D, ceea ce permite și o reprezentare grafică, ca în figura 3.10, c.

Metoda potențialelor. În cadrul acestei metode, vîrfurile rețelei simbolizează nu evenimente ci activități, iar segmentele de dreaptă săgeți reprezintă relațiile dintre activități.

Fiecărei săgeți îi este afectat un număr de unități de timp care reprezintă durată minimă ce trebuie să existe între începuturile a două activități legate. De exemplu, în figura 3.11, a activitatea B, nu poate începe decît după opt unități de timp de la începutul activității A, iar activitatea C, după nouă unități de timp din același moment.

Prin această metodă se introduce noțiunea de decalaj de timp între începuturile activităților, evitîndu-se astfel descompunerea activităților în

Fig. 3.11. Reprezentarea unui graf de evenimente și activități pentru aplicarea metodei potențialelor:

a — reprezentarea a două activități;
b — reprezentarea a trei activități.

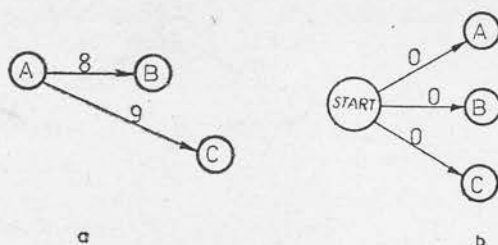
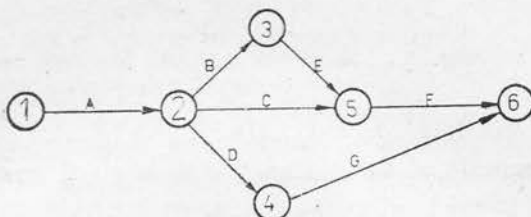


Fig. 3.12. Reprezentarea unui graf de evenimente și activități, pentru aplicarea metodei matriciale.



activități parțiale și introducerea activităților fictive. Totuși, dacă un program începe prin mai multe activități simultane A, B și C, ele trebuie racordate la o activitate inițială fictivă, prin relații de durată nulă, pentru a se închide astfel rețeaua de intrare, printr-o activitate unică (fig. 3.11, b).

Metoda matricială. Potrivit acestei metode, orice grafic rețea de întreținere și reparații poate fi reprezentat sub forma unui tabel matricial, în care liniile și coloanele reprezintă fie virfuri de rețea (evenimente), fie activități.

De exemplu, graficul rețea din figura 3.12, poate fi reprezentat sub forma tabelului 3.1, din care se constată că pe linia F, această activitate necesită realizarea activităților C și E. De asemenea, din același tabel mai reiese, că activitatea A permite realizarea activităților B, C și D.

Tabelul 3.

Reprezentarea tabelară a graficului din figura 3.12

Activitatea	Activitatea	A	B	C	D	E	F	G
	Relația	Permite ↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
A	Necesită →							
B	→	○						
C	→	○						
D	→	○						
E	→		○					
F	→			○		○		
G	→				○			

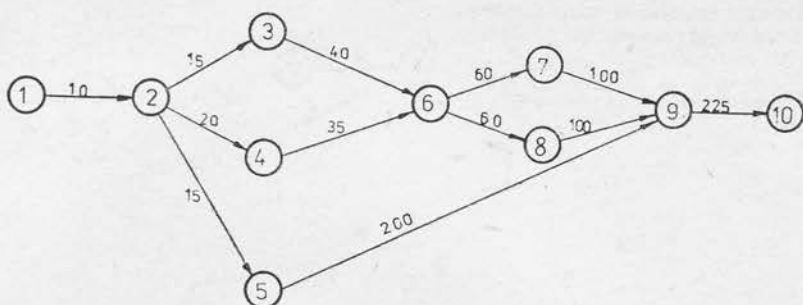


Fig. 3.13. Graf de activități de reparare și întreținere cu indicarea timpilor de desfășurare a acestora.

Pe baza acestei metode, ne propunem să elaborăm graficul de reparație capitală și tabelul matricial al unui motor electric asincron cu rotorul bobinat.

În acest scop, în tabelul matricial 3.2 au fost indicate activitățile (1... 10), care fac obiectul reparației capitale respective. Corelațiile între activitate, în acord cu graficul din figura 3.13, au fost înregistrate în același tabel prin linii întrerupte cu săgeată, notându-se totodată deasupra aces-

Tabelul 3.2

Reprezentarea matriceală a unui sistem de activități de reparare și întreținere

Denumirea activităților	Nr. activității	Necesită	Nr. activității	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demontarea motorului	1	1	1	●									
Curățirea pieselor componente	2		2	●	●								
Rebobinarea statorului	3		3	●	●	●							
Rebobinarea rotorului	4		4	●	●	●	●						
Verificare inele colectoare	5		5	●	●	●	●	●					
Verificarea electrică a bobinajelor statoric și rotoric	6		6		●	●	●	●	●				
Montajul bobinajului statoric	7		7			●	●	●	●	●			
Montajul bobinajului rotoric	8		8				●	●	●	●	●		
Montajul general al motorului	9		9					●	●	●	●	●	
Încercările electrice finale ale motorului asincron	10		10									●	●

tora timpilor de execuție în ore și timpul total de 225 h, cât reprezintă reparația capitală a motorului asincron cu rotor bobinat.

Pentru durata unei activități se adoptă ca unitate de măsură: *minutul, ora, ziua, săptămîna, decada* etc.

Durata unei activități se poate determina analitic cu relația:

$$Y_{mn} = \frac{Q}{n_m \cdot N_p \cdot K} \quad (3.1)$$

în care:

- Y_{mn} — este durata activității;
- Q — cantitatea de lucrări (bucăți, ore-normă etc.);
- n_m — numărul de muncitori din echipa de întreținere și reparații;
- N_p — norma de producție;
- K — indicele mediu de îndeplinire a normei.

Unele activități nu pot fi evaluate analitic cu relația (3.1), ele efectuându-se prin apreciere, pe baza experienței.

Timpul total de realizare a unei lucrări de întreținere și reparare nu poate fi inferior sumei duratelor operațiilor de pe drumul cel mai defavorabil.

Conferindu-se toate secvențele posibile de activități, începînd cu evenimentul inițial al unui proces de întreținere și reparare și terminînd cu evenimentul final, una dintre aceste secvențe este cea mai mare, ca durată, decît celelalte. Această secvență determină termenul final și poartă numele de *drum critic*. Celelalte secvențe (drumuri) se numesc *drumuri subcritice*.

Aplicații. Să se stabilească drumul critic din figura 3.14, care conține patru drumuri complete de reparare a unui pod rulant, avînd următoarele durate:

- drumul 1246 cu durată $3+5+6=14$ zile (drum subcritic);
- drumul 146 cu durată $4+6=10$ zile (drum subcritic);
- drumul 136 cu durată $3+7=10$ zile (drum subcritic);
- drumul 1356 cu durată $3+5+8=16$ zile (drum critic);

Se dispune deci pe drumul 1246 de o rezervă de 2 zile, care poate fi consumată pentru una dintre activitățile componente, fără a se afecta termenul final. Pe celelalte drumuri 136 și 146 rezerva este de 6 zile. Pe drumul critic, rezerva este nulă.

Inițial se determină data cea mai apropiată la care pot începe activitățile. În acest scop, evenimentul 1 este marcat cu data zero. Activitatea 12 durează 3 zile, deci activitatea 24 poate începe cel mai devreme în ziua a treia. În același mod, activitatea 24 durează 5 zile, iar activitatea 14 durează 4 zile. Deci, evenimentul 4 nu poate fi atins decît în ziua a 8-a, din cauza drumului 124. Evenimentul drumului va fi marcat cu durată 8. Continuîndu-se astfel asupra altor evenimente, se va obține calendarul minorant al termenilor.

Datorită însă existenței rezervelor, anumite evenimente pot fi întîrziate pînă la anumite termene maxime, care formează calendarul majorant al termenelor. Astfel, evenimentul 6 avînd loc în ziua a 16-a, termenul cel mai întîrziat pentru evenimentul 4 este $16-6=10$ (6 fiind durată drumului 46). La fel termenul cel mai întîrziat

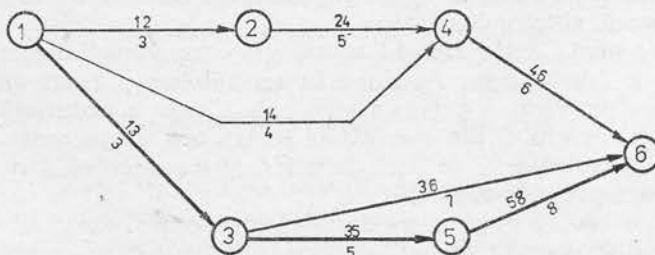


Fig. 3.14. Graf de activități de reparare și întreținere, conținînd toate secvențele de activități posibile.

pentru evenimentul 2 este 5, conform relației $16 - (5 + 6)$ în care $(5 + 6)$ este durata drumului 246. Se notează pe figură cele două date: „cel mai devreme” și „cel mai târziu”, iar diferența dintre aceste două date se numește „interval de amplasare”. El este de două zile pentru evenimentele 2 și 4.

Pe drumul critic, intervalul de amplasare este nul, datele „cel mai devreme” și „cel mai târziu” coincid.

În consecință, se va determina drumul critic, conectându-se evenimentele cu intervalul de amplasare nul.

Menționăm faptul că reprezentarea grafică a activităților se poate face și utilizându-se diagrama de succesiune descrisă anterior.

CAPITOLUL 4

UZURA ECHIPAMENTELOR, UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR INDUSTRIALE, PROCEDEE DE REPARARE ȘI RECONDIȚIONARE A PIESELOR UZATE

4.1. DATE INTRODUCTIVE

Uzura utilajelor, echipamentelor și instalațiilor industriale, precum și a elementelor lor componente constituie o modificare treptată a dimensiunilor acestora, în timpul exploatării, ca urmare a frecării suprafețelor de contact.

Uzura se clasifică în două mari categorii și anume: *uzura normală de funcționare* și *uzura accidentală*. Pentru combaterea uzurii un rol determinant îl joacă lubrifierea echipamentelor și utilajelor în procesul de frecare.

4.2. UZURA NORMALĂ DE FUNCȚIONARE

Uzura normală de funcționare reprezintă un fenomen fizic inevitabil datorat mai multor factori: mecanici, termici, oxidare, oboseală etc.

În funcție de factorii menționați, uzura normală de funcționare poate fi: uzură *mecanică* (prin eroziune, prin abraziune), uzură *termică*, uzură *prin oxidare*, uzură *prin oboseală* (fretare, exfoliere, cavitație), uzură *prin coroziune* (chimică, electrochimică).

Uzura mecanică. Acest tip de uzură este rezultatul direct al frecării suprafețelor a două piese. Ea duce la schimbarea formei, volumului și greutateii pieselor; fără să producă vreo modificare a proprietăților fizico-chimice ale materialului pieselor aflate în frecare. După modul de producere, uzura mecanică este de două feluri: uzură mecanică prin eroziune și uzură mecanică prin abraziune.

Uzura prin eroziune se produce datorită contactului direct al suprafețelor în frecare, adică atunci când pelicula de lubrifianț este întreruptă sau nu s-a format deloc. Întreruperea peliculei de lubrifianț devine posibilă din cauza neregularităților suprafețelor aflate în frecare, producându-se astfel

contacte locale în care crește mult presiunea și temperatura, ceea ce conduce la suduri locale și apoi la ruperea lor. Pelicula de ulei este întreruptă (nu se formează) la pornirea unui utilaj, când din cauza greutatei proprii a uleiului acesta a fost îndepărtat dintre piese sau când, fiind prea viscos, nu poate fi împins de dispozitivul de ungere la suprafețele de frecare.

Uzura prin abraziune se caracterizează prin apariția unor deformări microplastice și prin tăierea unor straturi subțiri metalice, de către particule dure abrazive, care sînt situate între suprafețele de frecare. Din punct de vedere al intensității, uzura prin abraziune depinde de proprietățile fizico-chimice ale materialelor din care sînt fabricate piesele, de viteza de alunecare și de presiunea în timpul frecării.

Uzura termică. În cazul vitezelor și presiunilor mari, suprafețele aflate în frecare se încălzesc foarte mult. Datorită încălzirii excesive, în straturile superficiale ale pieselor, are loc o modificare microstructurală, care modifică proprietățile mecanice ale metalelor, provocînd înmuierea, strivirea sau griparea suprafețelor.

În funcție de temperatura produsă prin frecare în piesele, situate în contact, au loc fenomene de: recristalizare, revenire, călire și chiar topire.

Uzura prin oxidare. Acest gen de uzură este determinat de pătrunderea oxigenului în stratul superficial al metalului, de formarea în metal a unei soluții solide de oxigen și a unor combinații de oxizi. Particulele solide de oxizi se desprind de pe metal sub formă de pulberi care erodează continuu straturile fragile ale metalului.

Uzura prin oboseală. Această uzură este provocată de acțiunea sarcinilor variabile asupra pieselor și apare sub trei forme de manifestare: fretare, exfolierea suprafețelor și cavitație.

Uzura prin fretare este determinată de distrugerea suprafețelor metalice datorită suprapunerii efectelor de alunecare și oxidare.

Uzura prin exfoliere se manifestă prin desprinderea unor straturi superficiale foarte subțiri, de ordinul milimicronilor, de pe suprafețele metalelor care prezintă tensiuni remanente sau sînt friabile.

Uzura prin cavitație este provocată de sarcini ciclice care acționează pe suprafețele metalice ce funcționează în medii lichide (pompe, turbine etc.).

Uzura prin coroziune. Coroziunea este un proces de degradare a suprafețelor metalice sub acțiunea mediului ambiant și poate fi de natură chimică sau electrochimică.

Coroziunea chimică este provocată de procesele chimice care au loc pe suprafața pieselor sub acțiunea gazelor sau lichidelor (apă, soluții apoase de săruri, substanțe acide și alcaline etc.). În urma reacției chimice, pe suprafața metalului se formează o peliculă. În cazul aluminiului, cuprului, bronzului și a metalelor neferoase în general, astfel de pelicule sînt fără pori și protejează metalul, împiedicînd pătrunderea reacției chimice și coroziunii spre interior. Din contră, la metalele feroase (oțeluri) peliculele formate sînt poroase și permit pătrunderea treptată a reacției chimice în profunzime.

Coroziunea electrochimică este determinată de formarea de pile electrice locale, care iau naștere pe suprafața metalului în prezența unei soluții apoase din săruri bune conducătoare de electricitate (electroliți). Intensitatea coroziunii este favorizată, de asemenea, de temperaturi înalte și de calitatea suprafețelor metalice.

Combaterea coroziunii chimice și electrochimice constituie actualmente pe plan mondial și în țara noastră, o problemă de importanță deosebită care se realizează prin depunerea de oxizi (oxizi de aluminiu), fosfați (tratarea suprafeței oțelului cu soluții pe bază de acid fosfatice), depunerea de pelicule organice (lacuri, vopsele), depunerea de pelicule metalice rezistente la coroziune (nichel, crom).

4.3. UZURA ACCIDENTALĂ

Uzura accidentală cunoscută și sub denumirea de *uzură de avarie*, constituie o creștere intensivă a uzurii normale ca urmare a dereglării unui utilaj sau instalații, a nerespectării regimului de exploatare, de întreținere sau a unei reparații necorespunzătoare. Acest gen de uzură se caracterizează prin pierderea condițiilor funcționale ale utilajelor și apare în două faze: în prima perioadă apare un proces de deteriorare iar în perioada următoare apar deformații permanente sau chiar distrugerea pieselor în frecare.

4.4. FACTORII CARE FAVORIZEAZĂ UZURA

Uzura pieselor și elementelor componente ale utilajelor electromecanice depinde de calitatea suprafețelor prelucrate, a materialelor utilizate și a lubrifianților, de viteza și presiunea specifică a pieselor aflate în frecare, de jocurile dintre piese și de regimul de funcționare. Vom analiza succint influența acestor factori.

Calitatea suprafețelor prelucrate. Calitatea acestor suprafețe (realizate prin strunjire, rectificare, lustruire etc.) are o influență deosebită asupra uzurii, în sensul că oricât de precisă ar fi metoda de prelucrare folosită, suprafețele obținute prin prelucrare vor prezenta unele asperități. Înălțimea asperității suprafețelor (rugozitatea) se micșorează prin rodaj. După rodaj se realizează o rugozitate optimă, care nu depinde de rugozitatea inițială după prelucrare.

S-a constatat că, în condiții normale de frecare (presiune mică și ungere corespunzătoare), este indicat ca urmele de prelucrare să coincidă cu direcția mișcării pieselor. De aceea, se va alege metoda de prelucrare care să asigure această cerință. La presiune mare și ungere necorespunzătoare, finețea prelucrării are un rol negativ, suprafețele fine uzându-se mai repede.

Calitatea materialelor utilizate, a tratamentului termic și a lubrifianților. Uzura depinde într-o mare măsură de calitatea materialelor, a tratamentului termic și lubrifianților. Creșterea calității suprafețelor se obține prin tratamente termice (cementare, nitrurare, cianurare, călire superficială cu curenți de înaltă frecvență), acoperiri galvanice și o lubrifiere corespunzătoare.

4.5. METODE DE APRECIERE A UZURII

Măsurarea și verificarea uzurii se pot efectua prin metode continue și metode discontinue.

Metode continue. Se cunosc trei metode continue de apreciere a uzurii: metoda indicilor funcționali, metoda determinării cantității de impurități metalice din ulei și metoda izotopilor radioactivi.

Metoda indicilor funcționali. Constă în aprecierea uzurii diverselor elemente în timpul funcționării unui utilaj, pe baza indicilor de lucru (de exemplu, puterea la motoarele termice). Aplicarea acestei metode dă rezultate satisfăcătoare numai în cazul unor utilaje de complexitate redusă. În cazul unor utilaje cu complexitate ridicată, rezultatele aplicării acestei metode sînt aproximative.

Metoda măsurării cantității de impurități metalice din ulei. Metoda se bazează pe ipoteza că, în timpul funcționării, din totalul metalului, o parte este preluată de către ulei, datorită uzurii pieselor în contact. Metoda are un caracter comparativ.

Metoda izotopilor radioactivi. Cu această metodă se poate efectua o selecție a materialelor corespunzătoare unor anumite condiții funcționale precum și gradul lor de uzură. Metoda permite, de asemenea, localizarea gradului de uzură a unei piese sau utilaj.

Metode discontinue. Printre metodele discontinue de apreciere a uzurii enumerăm: metoda măsurării dimensiunilor, metoda cîntăririi și metoda profilografierii.

Metoda măsurării dimensiunilor. În acest caz, măsurătorile se pot face cu micrometre sau comparatoare cu cadran avînd precizia de 2—10 μm .

Metoda cîntăririi. Constă în stabilirea diferenței dintre greutatea inițială și cea finală (după un anumit tip de funcționare) a piesei considerate, determinîndu-se astfel uzura globală în greutate și uzura relativă în procente.

Metoda profilografierii. Această metodă constă în ridicarea profilogramei suprafeței de lucru a uneia sau mai multor secțiuni dintr-o piesă cu ajutorul unui profilograf mecanic sau electric. Metoda poate fi aplicată în două moduri:

— prin ridicarea unei singure profilograme (cu aceeași secțiune), în cazul în care baza de măsurare este reprezentată de o suprafață neuzată a piesei;

— prin ridicarea a două profilograme (pentru aceeași secțiune), în cazul în care se trasează un riz transversal față de secțiunea profilografică și a cărei adîncime maximă formează baza de măsurare; uzura este determinată de distanța dintre cele două profilograme ridicate înainte și după funcționarea piesei considerate.

4.6. PROCEDEE DE REPARARE A PIESELOR UZATE

Procedeele de reparare a pieselor uzate constau în demontarea utilajelor, repararea îmbinărilor, repararea fisurilor și spărturilor, îndreptarea pieselor, repararea roților dințate, repararea lagărelor, recondiționarea unor piese uzate prin refacerea formei lor geometrice, a caracteristicilor fizico-mecanice și realizarea de ajustaje la nivelul celor inițiale.

4.6.1. DEMONTAREA PIESELOR UZATE ÎN VEDEREA REPARĂRII

Nu este permisă demontarea pieselor prin lovituri de ciocan sau cu dalta și ciocanul, întrucît se produce distrugerea, sau fisurarea lor, făcîndu-le inutilizabile. În cazul prezoanelor rupte se vor aplica metode de scoatere a acestora prin deșurubare cu tije auxiliare sau burghie speciale. Niturile se scot, de regulă, prin tăierea capului cu dălți speciale, după care sînt eliminate afară din gaură.

Pentru demontarea pieselor montate prin presare se utilizează prese speciale de demontare. Piese fixate pe arbori și pe axe (șaibe, roți dințate, rulmenți) se extrag cu aceleași prese. Depresarea nu trebuie să se facă prin lovituri de ciocan, interpunîndu-se între piesă și ciocan bucăți de lemn sau de cupru.

4.6.2. METODE DE REPARARE

Repararea îmbinărilor. Îmbinările de nituri ale unui utilaj electromecanic se verifică prin ciocănire. Dacă sunetul nu este sonor și clar, ci înfundat și cu zăngănit, niturile respective trebuie înlocuite. Verificarea etanșeității unei îmbinări cu nituri se face prin realizarea unei suprapresiuni cu o pompă, în urma căreia trebuie să nu apară prelingerii de apă.

În cazul în care se constată o slabă etanșeitate a îmbinărilor nituite, se execută ștemuirea niturilor și a marginilor tablelor. Pentru punctele netanșe ale îmbinării, ștemuirea se începe și se termină la o distanță de 120—200 mm de la locul de curgere. Înainte de baterea niturilor, se verifică găurile respective, iar dacă acestea sînt deteriorate, se alezează și se introduc alte nituri cu diametrul mai mare.

Îmbinări cu șuruburi. Acestea se repară, prin înlocuirea lor cu altele noi. Strîngerea unei piese cu mai multe șuruburi se face astfel, încît șuruburile să fie perpendiculare pe suprafața în care se înșurubează. Corectarea, prin îndoire, nu este permisă, întrucît se pot rupe șuruburile în timpul funcționării. Filetul șuruburilor nu trebuie uns prea mult, întrucît uleiul se colectează în fundul găurii și împiedică strîngerea completă.

Pentru a se împiedica deșurubarea piuliței se utilizează ca siguranțe șaibe de diferite forme, contrapiulițe și cuie spintecate. Fețele șaibelor plate trebuie să fie paralele și netede, fără rizuri sau asperități.

Îmbinări sudate. La aceste îmbinări, piesele care s-au desfăcut se curăță de sudura veche și apoi se resudează. În cazul în care apar crăpături pe diferite porțiuni ale legăturilor sudate, trebuie în prealabil să se stabilească pînă unde se întinde crăpătura. În acest scop, se curăță mai bine marginile îmbinării cu petrol lampant, se șterg cu o cîrpă și apoi se acoperă întreaga porțiune cu praf de cretă, întrucît petrolul înegrește creta exact după conturul crăpăturilor. Întreaga porțiune a marginii cu crăpături se îndepărtează cu ajutorul dălții, se curăță apoi cu pila, după care întreaga porțiune prelucrată se sudează, din nou, cu electrozi corespunzători.

Repararea fisurilor și a crăpăturilor. Fisurile și crăpăturile se pot repara prin sudare de plăci peste zona fisurată sau crăpată. În anumite cazuri plăcile se pot fixa și cu nituri de cupru, aluminiu sau oțel-moale.

Îndreptarea pieselor. Pentru îndreptarea pieselor deformate se aplică două procedee: îndreptarea la rece și îndreptarea la cald.

Îndreptarea la rece se face manual cu ajutorul șuruburilor de strângere și se utilizează atunci când demontarea pieselor trebuie evitată. Piese demontate se pot îndrepta la rece cu prese de mină sau prese hidraulice.

Piese care nu pot fi îndreptate la rece se încălzesc și se îndreaptă apoi cu unelte corespunzătoare.

Repararea roților dințate, arborilor, axelor și lagărelor. *Repararea roților dințate.* Roțile dințate de oțel pot fi recondiționate, în mod provizoriu, până la înlocuire, prin încărcare cu sudură electrică și apoi prin ajustarea dinților la profilul corespunzător.

Dinții rupți se pot repara prin executarea unui șanț în formă de coadă de rândunică în obada roții, în care se introduce un dinte ajustat. Dinții rupți se mai pot executa prin fixarea unor dinți ajustați implantanți prin înșurubare în obada roții.

Roțile dințate de oțel care au spițele, obada sau butucul crăpate, se pot recondiționa prin sudare.

Butucii crăpați se string cu inele montate la cald.

Repararea arborilor și axelor. Înlăturarea rezidurilor de pe fusurile arborilor și axelor se realizează prin procedee mecanice. Rezidurile mai mari se pilesco și apoi se șlefuiesc cu hîrtie abrazivă și pastă de șlefuit.

La șlefuirea fusurilor arborilor mai mari se utilizează clești speciali. Dimensiunile fusurilor șlefuite trebuie măsurate cu micrometrul în cel puțin trei locuri pe lungimea fusurilor și pe diametre perpendiculare, pentru a se verifica conicitatea și ovalitatea lor.

Repararea lagărelor. Pentru repararea unui lagăr se scoate capacul, se verifică suprafața de lucru și apoi se controlează aderența compoziției la corpul lagărului. Dezlipirea compoziției se poate constata prin sunetul înfundat care se aude cînd se ciocănește lagărul.

În cazul în care compoziția nu prezintă crăpături prea mari, lagărul se repară prin aplicarea de compoziție cu un ciocan de lipit. Suprafața de lucru a lagărului, cînd acesta prezintă crăpături și neregularități, se spală și apoi se prelucrează cu un răzuitor.

Răzuirea suprafețelor de lucru trebuie realizată cu o precizie de prelucrare de (0,01—0,005 mm). După răzuire, lagărul se șterge cu benzină.

4.7. PROCEDEE DE RECONDIȚIONARE A PIESELOR UZATE

Recondiționarea pieselor uzate presupune refacerea formei lor geometrice, a caracteristicilor fizico-mecanice și realizarea de ajustaje la nivelul celor inițiale.

Din experiență s-a constatat că 45—70% din costul unei reparații îl reprezintă valoarea pieselor de schimb, iar reducerea acestei ponderi se realizează în principal prin recondiționarea și reutilizarea pieselor uzate.

La recondiționarea pieselor uzate trebuie să se aibă în vedere următoarele principii: costul unei piese recondiționate trebuie să fie mai mic decît costul unei piese noi; calitatea materialului de adaos, să fie cel puțin echivalentă cu cel al piesei noi; tehnologia de condiționare să fie cît mai simplă.

În acord cu cele menționate, în practica industrială actuală se aplică mai multe procedee de recondiționare și anume:

- utilizarea compensatoarelor;
- înlocuirea unei părți din piesă;
- aducerea piesei la dimensiunile inițiale, prin încărcare sau depuneri metalice;
- sudare oxiacetilenică sau sudare electrică;
- lipire cu aliaje de adaos;
- deformare plastică;
- depunerea prin galvanizare, cromare, încărcare cu fier, cuprare, metalizare cu pulberi metalice;
- lipiri speciale și încercări cu materiale plastice.

Recondiționarea prin utilizarea compensatoarelor. Această metodă constă în introducerea unei piese noi, care trebuie să compenseze atât uzura rezultată în timpul funcționării, cât și materialul înlăturat prin prelucrări mecanice necesare restabilirii formei geometrice cu care aceasta funcționează în cadrul mecanismului considerat.

Compensatoarele se utilizează la repararea cilindrilor de motor, scaunelor de supape, fusurilor lagărelor, axelor și arborilor, orificiilor bujiilor, găurilor filetate etc.

De obicei, compensatorul se realizează din același material ca și piesa de bază. În anumite cazuri se pot utiliza și alte materiale, cu condiția ca acestea să nu pericliteze buna funcționare a asamblării.

Compensatoarele se montează, de obicei, prin strângere, forța de strângere (presare), determinându-se cu relația:

$$F_s = \varepsilon \cdot d \cdot l \cdot p \text{ [N]} \quad (4.1)$$

în care: ε

- ε — este coeficientul de frecare dintre cele două piese;
- d — diametrul pieselor aflate în contact exprimat, în mm;
- l — lungimea de presare, în mm;
- p — presiunea de strivire de pe suprafețele în contact, în N/mm²

Presiunea de strivire se calculează cu relația:

$$p = \frac{S}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right) \cdot d} \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \quad (4.2)$$

în care:

$$C_1 = \frac{d_0^2 + d_1^2}{d_1^2 + d_0^2} - \mu_1 \text{ și } C_2 = \frac{d_2^2 + d_1^2}{d_2^2 + d_1^2} + \mu_2; \quad (4.3)$$

în aceste relații

- S este strângerea calculată, în μm ;
- E_1, E_2 — modulul de elasticitate al materialului piesei, respectiv al compensatorului, în N/mm²;
- d_0 — diametrul exterior al compensatorului ce se presează, în mm;
- d_1 — diametrul interior al compensatorului, în mm;
- d_2 — diametrul exterior al piesei, în mm;
- μ_1, μ_2 — coeficienții lui Poisson al piesei și al compensatorului (pentru oțel $\mu=0,3$; pentru fontă $\mu=0,25$).

Pentru obținerea unei îmbinări sigure și durabile, în unele cazuri, se prevăd știfturi de fixare sau puncte de sudură, în funcție de condițiile de funcționare a pieselor.

În general, pentru realizarea unei strângeri corespunzătoare, presarea compensatorului este necesar să se facă la cald. La bușarea cilindrilor, aceștia se încălzesc, iar la bușarea axelor se încălzesc bușele de compensare. Temperatura de încălzire a pieselor pînă la 100—150°C se obține în băi de ulei, iar peste 400°C, în cuptoare electrice. Temperatura de încălzire a piesei se calculează cu relația:

$$\theta_p = \frac{\delta_s + \delta_i}{\beta \cdot d \cdot 10^3} + \theta_m, \quad (4.4)$$

în care:

- θ_p și θ_m — sînt temperaturile piesei respectiv a mediului ambiant;
- δ_s — strîngerea maximă a ajustajelor, în mm;
- δ_i — jocul minim necesar la montaj, în mm;
- β — coeficientul de dilatare al piesei prin încălzire;
- d — diametrul articulației, în mm.

Pentru realizarea unei strângeri între piese se poate aplica și metoda răcirii, în azot lichid, a piesei interioare; în acest caz, temperatura de răcire necesară se determină, de asemenea, cu relația (4.4), în care coeficientul de dilatare β se substituie cu coeficientul β' (coeficient de contracție al piesei interioare).

Recondiționarea prin înlocuirea unei părți din piesă. Datorită condițiilor de funcționare, unele piese se uzează neuniform. De exemplu, la trenul fix al unei cutii de viteză, se uzează de obicei dinții pinionului celui mai solicitat, celelalte pinioane fiind în stare bună de funcționare. Un astfel de subansamblu poate fi recondiționat prin înlocuirea piesei uzate (a pinionului uzat).

Recondiționarea prin aducerea piesei la dimensiunile inițiale prin încărcare sau depuneri metalice. Printre metodele de recondiționare a pieselor uzate aplicate, în acest caz, se menționează: încărcarea prin metalizare sau scînteii electrice; deformarea plastică prin refulare, mandrinare, comprimare sau întindere care se bazează pe principiul deplasării materialului piesei în părțile ei uzate și apoi prelucrarea piesei la dimensiunile necesare.

Recondiționarea prin sudare oxiacetilenică sau sudare electrică. Metoda se aplică, în general pentru diferite tipuri de piese, constituite din oțel, bronz etc., folosindu-se tehnologii de sudare corespunzătoare.

Recondiționarea prin lipire cu aliaje de adaos. Prin lipire se pot repara unele elemente componente ale utilajelor: conducte, radiatoare, piese electrice etc. Lipirea pieselor constă în îmbinarea lor în stare solidă cu ajutorul unui aliaj de adaos.

Avantajele pe care le prezintă acest procedeu constau în simplitatea și costul redus al operațiilor, rezistența satisfăcătoare a îmbinării, precum și în faptul că în zona de influență termică tensiunile interne sînt neînsemnate.

Se utilizează trei tipuri de lipituri: lipituri cu aliaje moi, care au temperatura de fuziune sub 300°C; lipituri cu aliaje tari, care au temperatura de fuziune de peste 500°C; lipituri cu materiale plastice poliesterice.

Recondiționarea prin deformare plastică. Acest procedeu de recondiționare se bazează pe utilizarea plasticității metalelor și aliajelor. Pentru repararea pieselor uzate se aplică mai multe procedee de deformare plastică: refularea, mandrinarea, stringerea, întinderea și îndreptarea.

Refularea este procedeul prin care se mărește diametrul exterior al pieselor pline sau se micșorează diametrul interior al pieselor tubulare. Prin refulare se recondiționează supapele motoarelor și compresoarelor și bușele de bronz.

Mandrinarea constituie procedeul prin care se măresc dimensiunile exterioare ale pieselor, menținându-se înălțimea pieselor sau modificându-se foarte puțin. Prin mandrinare se pot recondiționa bolțurile de piston ale motoarelor și compresoarelor.

Stringerea reprezintă o micșorare a diametrului interior al unei piese tubulare, ca în cazul bușelor de bronz uzate ale diverselor lagăre.

Întinderea este un procedeu de îngustare locală a secțiunii unei piese.

Îndreptarea pieselor încovoiate sau răsucite, constă în eliminarea deformațiilor remanente, readucându-se piesele la forma lor inițială. Ea se face fie la rece, fie la cald. Prin îndreptare se recondiționează arcurile, tiranții etc.

Recondiționarea prin procedee de acoperiri metalice. Printre aceste procedee se enumeră: cromarea, oțelirea, cuprarea.

Cromarea constituie procedeul de acoperire cu crom a suprafețelor metalice pe cale electrolitică. Ea poate fi aplicată pieselor de oțel, cupru, alamă și aliajelor de aluminiu, în straturi de (0,005—0,8) mm. Densitatea de curent în timpul depunerii cromului este de (20—50 A/dm²). Duritatea depunerilor de crom este de ordinul (600—1 100) HB.

Oțelirea este un procedeu de depunere a fierului pe cale electrolitică, prin care se obține durificare sensibilă a oțelului de bază. În acest caz se utilizează ca electroliți sulfatul feros ($\text{SO}_4\text{Fe} + 7\text{H}_2\text{O}$) sau clorura feroasă ($\text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$).

Cuprarea este procedeul de depunere a cuprului pe cale electrolitică. Ea se aplică pentru recondiționarea pieselor de bronz sau pentru a servi ca strat intermediar de aderență între o piesă de oțel și stratul de nichel sau crom.

Cuprarea mai este utilizată ca mijloc de izolare a părților pieselor de oțel în timpul cementării. Ca electrolit se folosește sulfatul de cupru și acid sulfuric la temperatura de (18—24)°C, catodul constituindu-l piesele de recondiționat, iar anodul cuprul electrolic cu grosimea de (5—8) mm.

Recondiționarea prin încărcări cu materiale plastice. În acest scop se utilizează pulberi de poliamide, care se pulverizează pe piesele de recondiționat, prin procedee electrostatice.

4.8. ALEGEREA VARIANTEI OPTIME A PROCEDEULUI DE REPARARE SAU DE RECONDIȚIONARE

La alegerea variantei optime a procedeuului de reparare sau de recondiționare se are în vedere relația:

$$P = S + C_m + C_r, \quad (4.5)$$

în care: P — este costul piesei reparate sau recondiționate;
 S — retribuiția lucrătorilor productivi;

C_m — costul materialelor consumate pentru repararea sau recondiționarea pieselor;

C_r — cheltuielile de regie.

Eficiența reparării sau recondiționării depinde și de numărul N de piese supuse reparării sau recondiționării cu relația:

$$P = S + C_m + \frac{C_r}{N}. \quad (4.6)$$

Ținându-se seamă de relația (4.6) și luându-se în considerație două procedee diferite de reparare sau recondiționare se pot scrie relațiile:

$$P_1 = S_1 + C_{m1} + \frac{C_{r1}}{N}, \quad (4.7)$$

$$P_2 = S_2 + C_{m2} + \frac{C_{r2}}{N}. \quad (4.8.)$$

Repararea sau recondiționarea după primul procedeu va fi mai avantajoasă dacă $P_1 < P_2$,

$$\text{adică: } S_1 + C_{m1} + \frac{C_{r1}}{N} < S_2 + C_{m2} + \frac{C_{r2}}{N}. \quad (4.9)$$

Deci numărul N_{opt} al pieselor reparate sau recondiționate rezultă din relația (4.9):

$$N_{opt} > \frac{C_{r1} - C_{r2}}{(S_2 + C_{m2}) - (S_1 + C_{m1})}. \quad (4.10)$$

4.9. LUBRIFIEREA ECHIPAMENTELOR ȘI UTILAJELOR, FACTOR DETERMINANT DE COMBATERE A UZURII, ÎN REGIMUL DE FUNCȚIONARE A ACESTORA

Orice program de întreținere și reparare trebuie să aibă în vedere măsuri tehnice privind lubrifierea utilajelor electromecanice, care are totodată consecințe favorabile de combatere a uzurii acestora. Lubrifierea facilitează buna funcționare a utilajelor și micșorează frecarea între suprafețele pieselor în mișcare.

Lubrifierea reprezintă o activitate complexă cuprinzând aprovizionarea și buna depozitare a lubrifianților, realizarea în sine a ungerii fiecărui utilaj, mașină, instalație și agregat. În acest context este necesar ca odată cu achiziționarea unui utilaj sau agregat să se elaboreze un program de organizare a activităților de lubrifiere, care să cuprindă lucrări specifice de aprovizionare a tuturor tipurilor de lubrifianți, modul de depozitare, instrucțiuni de ungere.

Datorită complexității operațiilor de lubrifiere și implicațiilor acestora asupra bunei funcționări a utilajelor și agregatelor, pe plan mondial se manifestă tendința de a se tipiza materialele de ungere. Pe baza tipizării lubrifianților, a determinării periodicității ungerii trebuie să se întocmească fișa de ungere a fiecărui utilaj sau agregat. Ea servește la programarea lucrărilor de întreținere a utilajelor și la determinarea necesarului de lubrifianți.

Ca lubrifianti se folosesc uleiuri animale, vegetale și minerale. Creșterea temperaturii influențează viscozitatea, deci prezintă interes acele uleiuri a căror variație este neînsemnată la modificarea temperaturii.

Viscozitatea depinde deci de temperatură, dar și de presiune, conform relațiilor:

$$\eta_i \cdot n = \text{const.}; \quad \eta_p = \eta_i (1 + \alpha \cdot p), \quad (4.11)$$

în care: η — este viscozitatea la o anumită temperatură;

n — coeficient avînd valorile 1,75—2,5;

η_p — viscozitatea la o anumită presiune;

η_i — viscozitatea inițială;

p — presiunea la care este supus lubrifiantul;

α — coeficient avînd valorile 0,0013—0,003.

CAPITOLUL 5

PLANIFICAREA ȘI PROGRAMAREA LUCRĂRILOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARARE

5.1. DATE INTRODUCTIVE

În activitatea de întreținere și reparații se întîlnesc diferite forme de planificare în timp: pe termen lung, mediu și scurt.

Planificarea pe termen lung se aplică la instalațiile complexe din industria chimică, metalurgică, în industria materialelor de construcții (fabrici de ciment, balastiere etc.), în reparații capitale cînd se planifică cu 3—5 ani intervențiile.

Acest sistem de planificare impune: stabilirea naturii intervențiilor (revizii sau reparații); estimarea duratei lucrărilor pe tipuri și planificarea lucrărilor pe an, trimestre și luni; estimarea necesarului de materii prime, materiale, combustibili, energie, forțe de muncă, utilaje și accesorii pentru activitatea de întreținere și reparații; estimarea costurilor de întreținere și reparații.

Planificarea pe termen mediu se aplică anual la majoritatea întreprinderilor cu utilaje universale și impune: stabilirea planului de revizii și reparații pe trimestre și luni; determinarea necesarului de materii prime, combustibili, energie, SDV, forțe de muncă.

Planificarea pe termen scurt constituie o activitate curentă care cuprinde: defalcarea lucrărilor din planul anual pe luni, secții, ateliere; determinarea duratei lucrărilor pe utilaje, subansambluri și operații, programarea lucrărilor pe formații de muncitori de întreținere și reparații; aprovizionarea cu materiale specifice locurilor de muncă; execuția lucrărilor și controlul acestora.

5.2. METODOLOGIA ÎNTOCMIRII, URMĂRIII ȘI RAPORTĂRII PLANULUI DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII

5.2.1. ÎNTOCMIREA PLANULUI DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII

Pentru întocmirea planului de întreținere și reparații trebuie să se dispună de suficiente date asupra stării utilajelor existente și în perspectivă, să se etapezeze temporal planul respectiv și să se elaboreze măsuri concrete de urmărire și raportare.

Baza informațională a planului de întreținere și reparații. Această bază este ilustrată în figura 5.1.

Așa cum reiese din figura 5.1 principalele surse care furnizează informații sînt: starea utilajelor existente; gradul de încărcare a utilajelor existente; modul de folosire a utilajelor.

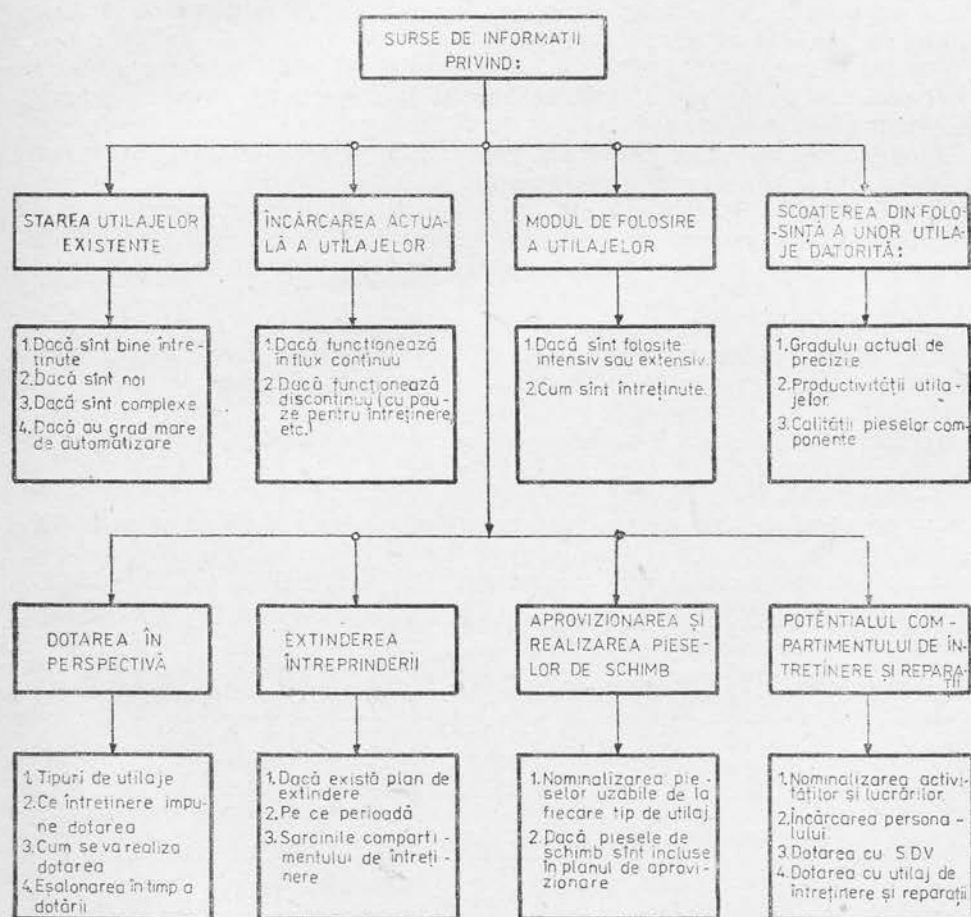


Fig. 5.1. Principalele surse de informații privind întreținerea și repararea utilajelor electromecanice.

De asemenea, surse de informații importante pot fi: dotarea în perspectivă cu noi utilaje (tipuri, tipul de întreținere care este impus de dotare, eşalonarea în timp a dotării); extinderea întreprinderii (programe de extindere); aprovizionarea și modul de realizare a pieselor de schimb; potențialul productiv și de concepție al compartimentului de întreținere și reparații.

Întocmirea planului de întreținere și reparații. Planificarea lucrărilor de întreținere și reparații, după obținerea informațiilor necesare, se face corelat cu actele normative în vigoare, întocmite pe grupe de utilaje. Aceste acte normative reglementează: durata normală de utilizare, în ani și număr de ore; ciclul de reparații și intervalul, în ore de funcționare dintre două categorii de intervenții; timpul de staționare în reparație, exprimat în zile lucrătoare; costul în procente al reparațiilor, din valoarea de înlocuire, pentru fiecare utilaj în parte.

La planificarea lucrărilor de întreținere și reparații se ține seama atât de actele normative în vigoare, conform figurii 5.1, cât și de *livretul utilajului* din care rezultă: denumirea utilajului; data punerii în funcțiune; principalele caracteristici tehnice; piesele și subansamblurile de primă necesitate; reparațiile efectuate; orele de funcționare de la punerea în funcțiune; normele de reparații.

Pentru elaborarea planului de întreținere și reparații este necesar să se parcurgă mai multe etape, nominalizate și al căror conținut este prezentat în tabelul 5.1.

Planificarea reviziilor tehnice și reparațiilor se face astfel, încât se consideră că perioada dintre două reparații capitale, este un ciclu de reparații al utilajului respectiv. Acest ciclu este constituit dintr-un număr finit de revizii tehnice, reparații curente de gradul I și II, o reparație capitală. Natura și succesiunea lucrărilor cuprinse într-un ciclu de reparații poartă numele de *structura ciclului de reparații*.

Durata ciclului de reparații se determină în ore de funcționare între două reparații capitale, pe tipuri de utilaje, ținându-se seamă de durata de funcționare a pieselor și subansamblurilor de bază, care se uzează cel mai mult.

În cazul unei instalații de bobinat conductoare electrice (fig. 5.2), experiența arată că:

- durata de serviciu este de 27 ani;
- numărul de ore dintre intervenții (R_t)/numărul de intervenții (R_t) este 1 490/20;
- numărul de ore dintre intervenții (R_{c1})/numărul de intervenții (R_{c1}) este 2 980/16;

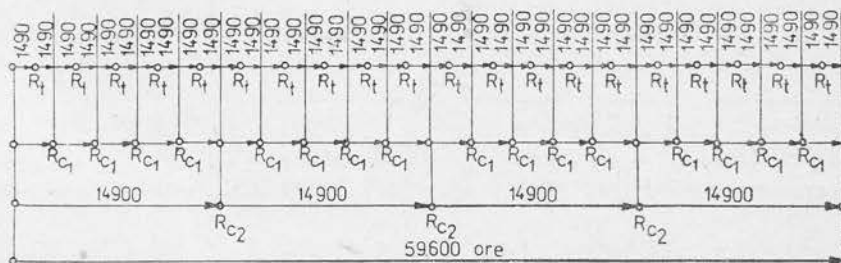


Fig. 5.2. Structura ciclului de reparații a unei instalații de bobinat conductoare electrice.

Tabelul 5.1

Etapetele planului de întreținere și reparații și conținutul lor

Nr. crt.	Denumirea etapelor	Conținutul lucrărilor în cadrul etapelor	Informații obținute și decizia luată
1	STUDIU TEHNIC	a. Nomenclatorul utilajelor b. Fișele de revizie c. Fișele lucrărilor de reparații curente și capitale d. Planul de ungere al utilajelor e. Stabilirea, în detaliu a lucrărilor și metodelor de lucru	a. Tipul, regimul de lucru și locul amplasării al utilajului b. Starea utilajului și ce trebuie făcut și la ce termene, pentru eliminarea defecțiunilor c. Locurile de ungere, frecvența, tipul de lubrifiant și cantitatea necesară d. Materialele și SDV necesare e. Categoriile de lucrători necesari pentru efectuarea lucrărilor
2	STUDIUL TIMPILOR	a. Normele de timp b. Estimări asupra timpilor de lucru	a. Durata lucrării de întreținere sau reparație b. Timpul de oprire a utilajului c. Numărul de ore om necesare pentru execuția lucrării
3	ÎNREGISTRAREA DATELOR	a. Istoricul utilajului (înregistrarea lucrărilor efectuate) b. Analiza pierderilor de timp c. Analiza cauzelor opririlor și rebuturilor d. Costul lucrării e. Compararea costurilor cu previziunile făcute	a. Importanța lucrărilor și punctele sensibile ale ei b. Dacă utilajul este disponibil cum s-a prevăzut c. Dacă utilajul furnizează producție de calitate și cu ce coeficient de rebuturi d. Care sînt cheltuielile pe operații și totale
4	ANALIZA DATELOR	a. Analiza pierderilor de timp b. Centralizarea cauzelor de avarii și a opririlor accidentale c. Ansamblul lucrărilor de întreținere și reparații ce trebuie efectuate d. Volumul cheltuielilor de întreținere și compararea lor cu cele preliminate e. Anchete tehnice ale diferitelor lucrări de întreținere și reparații f. Modernizări efectuate	a. Eficiența planificării lucrărilor b. Costul opririlor, avariilor și rebuturilor de fabricație c. Previziuni pe termen lung d. Influența cheltuielilor de întreținere asupra costurilor de fabricație e. Identificarea posibilităților de autodotare
5	PROGRAMAREA LUCRĂRILOR	a. Lucrări curente b. Alte lucrări	a. Lucrări de întreținere preventiv-planificate b. Lucrări de revizie tehnică c. Lucrări anterioare efectuate comparabile cu cele existente și calitatea lor d. Date privind prevenirea avariilor și opririlor accidentale

— numărul de ore dintre intervenții (R_{c2})/numărul de intervenții (R_{c2}) este 14 900/3;

— numărul de ore dintre intervenții (R_k)/numărul de intervenții (R_k) este 59 600/1.

În figura 5.2, simbolurile R_t , R_{c1} , R_{c2} , R_k au următoarele semnificații:

R_t reprezintă simbolul pentru o revizie tehnică;

R_{c1} — simbolul pentru o reparație curentă de gradul I;

R_{c2} — simbolul pentru o reparație curentă de gradul II;

R_k — simbolul pentru o reparație capitală.

Pe faze experimentale s-au stabilit indicatorii de întreținere și reparații pentru diferite tipuri de utilaje, așa cum se arată în tabelul 5.2. (datele sînt luate din normativul tehnic al Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini, grupa 405). După cum reiese din datele prezentate în acest tabel, intervalul de timp dintre diferitele tipuri de reparații (R_t , R_{c1} , R_k), este diferit în funcție de tipul și complexitatea utilajelor. Costul procentual al reparațiilor diferitelor utilaje față de valoarea lor de înlocuire depinde de tipul reparației și de complexitatea utilajului reparat (de exemplu reparația capitală a unui strung este mai costisitoare decît în cazul unei instalații de bobinat datorită gradului de complexitate mai ridicat al strungului).

Tabelul 5.2

Date tehnice privind repararea fondurilor fixe

Tipul utilajului sau instalației	Durata de serviciu (ani mii ore)	Intervalul de timp dintre intervenții ore între intervenții nr. intervenții pe ciclu				Timpul de staționare în reparații (zile lucrătoare)				Costul în % al reparațiilor față de valoarea de înlocuire			
		R_t	R_{c1}	R_{c2}	R_k	R_t	R_{c1}	R_{c2}	R_k	R_t	R_{c1}	R_{c2}	R_k
MAȘINĂ DE GĂURIT VERTICALĂ	21	1 250	2 500	10 000	30 000	1	2	4	7	1,1	11	28	55
	120	12	9	2	1								
STRUNG PARALEL CU $H=200$ mm $L=(1\ 500-2\ 000)$ mm	14	1 110	2 220	8 880	26 640	1	6	13	20	1,1	9	28	60
	80	12	9	2	1								
MAȘINĂ DE FREZAT UNIVERSALĂ CU MA- SĂ PÎNĂ LA 1 250 mm	21	1 250	2 500	10 000	30 000	2	6	15	21	1,1	6,6	20	45
	120	12	9	2	1								
MAȘINĂ DE RECTIFI- CAT UNIVERSALĂ CU $I=125$ mm și $D=750$ mm	21	1 250	2 500	10 000	30 000	1	7	11	23	0,9	4,6	11	22
	120	12	9	2	1								
PRESĂ PNEUMATICĂ CU FORȚA DE PRE- SARE DE 30 t	20	950	1 900	7 600	22 800	1	4	10	21	0,8	8,3	17	50
	114	12	9	2	1								
INSTALAȚIE DE BOBINAT	27	1 490	2 980	14 900	59 600	1	2	3	8	0,6	3,3	8	25
	150	20	16	3	1								

Perioada de staționare T_s a unui utilaj pentru reparații se poate determina și prin calcule cu relația:

$$T_s = \frac{T_m}{N_m \cdot D_s \cdot N_s \cdot K_m}; \quad (5.1)$$

în care:

- T_m este timpul de muncă, în ore-normă;
- N_m — numărul de muncitori care formează echipa de reparații;
- D_s — durata schimbului de lucru, în ore;
- N_s — numărul de schimburi;
- K_m — coeficientul de îndeplinire a normelor.

Aplicație. Se presupune că o instalație de bobinat are o valoare de înlocuire de 600 000 lei și se cer valorile de întreținere și reparații ale acesteia.

Din normativ, conform tabelului 5.2, reies următoarele valori ale reviziilor tehnice și reparațiilor:

- pentru revizie tehnică $R_t = \frac{600 \cdot 000 \cdot 0,6}{100} = 3\ 600$ lei;
- pentru reparația curentă $R_{c1} = \frac{600 \cdot 000 \cdot 3,3}{100} = 19\ 800$ lei;
- pentru reparația curentă $R_{c2} = \frac{600 \cdot 000 \cdot 8}{100} = 48\ 000$ lei;
- pentru reparația capitală $R_k = \frac{600 \cdot 000 \cdot 25}{100} = 150\ 000$ lei.

Ținându-se seamă de numărul de intervenții prevăzute în tabelul 5.2, pentru instalația de bobinat se determină în continuare valoarea totală a R_t , R_{c1} , R_{c2} , R_k și apoi celelalte elemente prevăzute în tabelul respectiv.

5.2.2. URMĂRIREA ȘI RAPORTAREA PLANULUI DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII

După întocmirea documentelor de plan lunar și anual se trece la etapa lansării acestora. Planul se lansează pe echipe specializate, pe baza comenzilor de plan programate. Echipele de întreținere și reparații preiau utilajele din partea sectorului productiv cu proces-verbal, încheie fișele de constatare și efectuează lucrările.

Urmărirea realizării planului de reparații se face de către compartimentele de întreținere și reparații ale întreprinderilor.

Raportarea planului de reparații se face, atât pe plan intern, în fiecare întreprindere, cât și la forurile tutelare, prin dări de seamă statistice.

5.3. PRELUCRAREA AUTOMATĂ A DATELOR PRIVIND PLANIFICAREA ȘI PROGRAMAREA LUCRĂRILOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARARE

Prelucrarea automată a datelor în activitățile de planificare și programare a lucrărilor de întreținere și reparare se realizează cu ajutorul calculatoarelor electronice.

Evidența riguroasă a utilajelor, a întreținerii și reparării acestora, cu ajutorul calculatoarelor electronice necesită un volum mare de date care pot fi grupate astfel: *date de identificare* (codul fondurilor fixe, denumirea lui, caracteristici tehnice, anul proiectării și fabricației etc.); *date privind istoricul fondului fix* (data și locul punerii în funcțiune, adresa și numărul de transfer, tipul repartiziției efectuate etc.).

Datele susmenționate care sînt cuprinse în documentele primare ale unității economice (cartea tehnică, livretul fondului fix, procesele verbale de recepție, transfer etc.) se grupează și se transferă calculatorului sub forma unui *subsistem informatic*.

Datele privind evidența fondurilor fixe, tipul de funcționare al acestora, reparațiile planificate și realizate, înmagazinate pe memorii magnetice sînt necesare pentru calculul gradului de utilizare al fondurilor fixe.

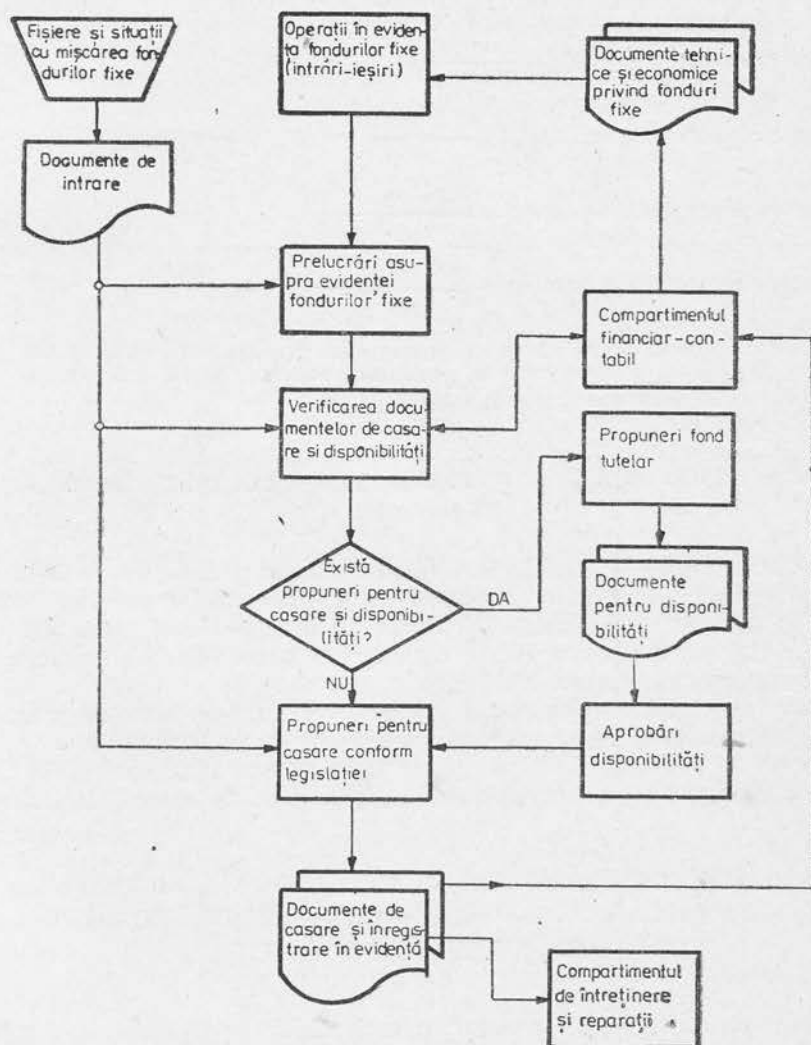


Fig. 5.3. Schemă logică privind evidența fondurilor fixe.

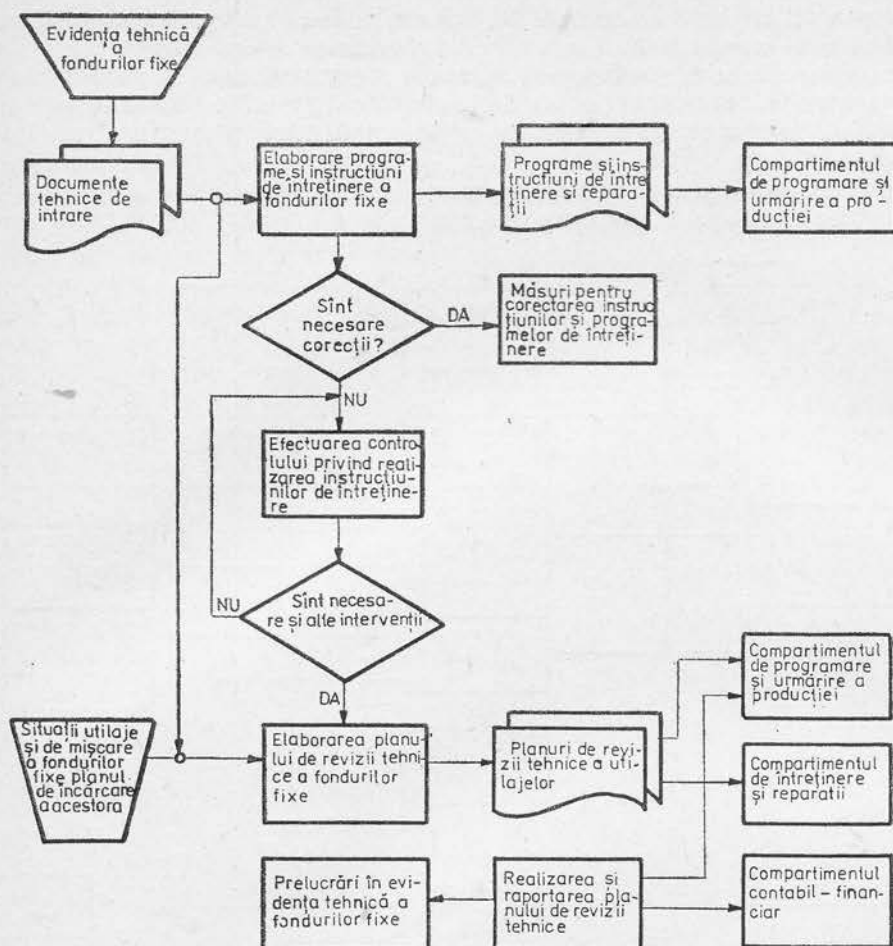


Fig. 5.4. Schema logică privind modul de desfășurare a activităților de întreținere și reparare în cazul efectuării unei revizii tehnice.

Utilizarea calculatoarelor electronice permite deci prelucrarea, verificarea și analiza datelor privind întreținerea și repararea oricărui tip de utilaj. În acest scop, se pot alcătui scheme logice pe teme concrete referitoare la evidența fondurilor fixe (fig. 5.3), revizia tehnică a utilajelor (fig. 5.4) și planul de reparații (fig. 5.5).

Schema logică din figura 5.3 pune în evidență faptul că înainte de a se lua o decizie cu privire la disponibilități, o întreprindere posesoare de mijloace fixe face o analiză minuțioasă a gradului de uzură a acestora și a posibilităților de modernizare și de transferare altor unități, a unor utilaje. Apoi, cu avizul compartimentului contabil-financiar se ia hotărârea casării sau transferării fondurilor fixe. Formele finale pentru realizarea deciziei se consideră încheiate abia în momentul obținerii aprobării forului tutelar.

Schema logică din figura 5.4, relevă modul de desfășurare a activităților în cazul unei efectuări de revizii tehnice. Din figura 5.4 se constată că pe baza evidenței tehnice a utilajelor existente într-o întreprindere industrială se elaborează în prealabil programele și instrucțiunile de întreținere

a acestora. Apoi, se elaborează planul de revizii tehnice a utilajelor care sînt dirijate către compartimentul de programare și urmărire a producției, compartimentul de întreținere și reparații și compartimentul control-finanțiar care realizează, înregistrează și raportează reviziile tehnice efectuate. După realizarea reviziilor tehnice se fac prelucrări în evidența tehnică a fondurilor fixe.

Schema logică din figura 5.5, prezintă modul de realizare a planului de reparație a utilajelor. Schema se împarte în două părți distincte: o parte

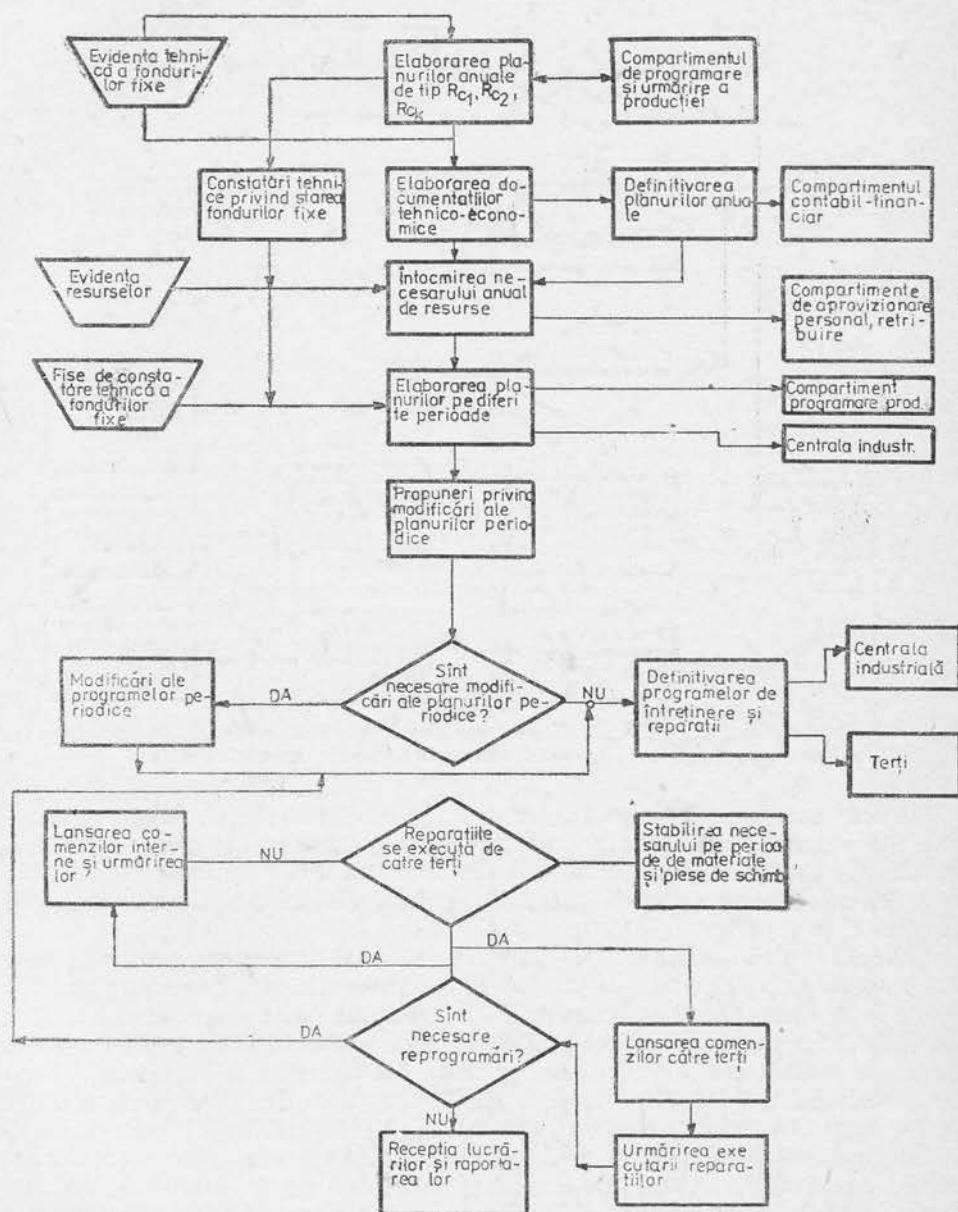


Fig. 5.5. Schemă logică privind realizarea planului de reparație al utilajelor.

conține activitățile ce se desfășoară pentru realizarea planurilor de reparație a utilajelor aflate în regie proprie; o altă parte cuprinde lucrările de reparații ce se execută la terți și reprogramarea unor reparații neefectuate la timp.

Planificarea și urmărirea planului de reparații cu ajutorul sistemelor automate de prelucrare a datelor. Pe baza schemelor logice întocmite, pentru fiecare gen de activități de întreținere și reparații, planificarea și urmărirea planurilor de întreținere și reparații pot fi realizate automat cu ajutorul calculatoarelor și proceselor electronice.

În acest scop se întocmește pentru fiecare utilaj câte o fișă de planificare, care constituie documentul primar, întocmit sub formă de cartelă perforată, în care se trec categoriile de reparații conform ciclului de reparații.

Modul în care funcționează un sistem automat destinat planificării și urmării planului de reparații este următorul: stația de evidență înregistrează datele inițiale în cartele perforate, le sortează în ordinea programării lucrărilor de întreținere și reparații și, pe baza lor, întocmește tabloage, pe care le distribuie conducătorilor de compartimente productive precum și compartimentului de reparații. Acesta, efectuează lucrările de întreținere și reparații și obține apoi viza pe cartele perforate, respectiv că a efectuat lucrările, după care le predă stației automate de evidență.

CAPITOLUL 6

ORGANIZAREA SISTEMELOR DE REVIZII TEHNICE ȘI REPARAȚII

6.1. ELEMENTELE DEFINITORII ÎN ORGANIZAREA SISTEMELOR DE REVIZII TEHNICE ȘI REPARAȚII

Pentru tratarea modului de organizare a unui sistem de revizii tehnice și reparații este necesar să fie definite *obiectivele, activitățile specifice și lucrările* care stau la baza acestor sisteme.

Obiectivele sistemului. Aceste obiective sînt următoarele:

- planificarea reparațiilor conform normativelor tehnice de revizii și reparații și a stării tehnice a utilajelor;
- efectuarea unor revizii tehnice și reparații de bună calitate, prin organizarea anticipată a acestora;
- modernizarea utilajelor cu ocazia reviziilor tehnice și reparațiilor;
- mecanizarea și automatizarea utilajelor reparate, în funcție de necesitățile proceselor tehnologice;
- reducerea costurilor de întreținere și reparații prin optimizarea consumurilor de materii prime, materiale, combustibili, energie, piese de schimb.

Activități specifice în cadrul sistemului. Principalele activități ale sistemului sînt:

- pregătirea, programarea, urmărirea și realizarea planului de revizii tehnice și reparații pe trimestre și luni;

- asigurarea pieselor de schimb pentru utilajele reparate, tipizarea și normalizarea acestora;
- organizarea activității de lubrifiere;
- organizarea sistemului de evidență și operare.

Lucrări de bază în cadrul sistemului. Aceste lucrări sînt:

- programarea reviziilor și reparațiilor în funcție de starea tehnică a utilajelor și de prevederile normativelor;
- pregătirea lucrărilor (lansarea comenzilor, notelor de constatare și bonurilor de materiale);
- întocmirea graficelor de desfășurare a reviziilor și reparațiilor;
- întocmirea documentației de proiectare și tehnologice aferente lucrărilor de întreținere și reparații;
- întocmirea periodică a listelor de utilaje disponibile, a documentelor de transfer și casare;
- încheierea de contacte proprii cu diverși furnizori de utilaje și energie;
- demontarea utilajelor și curățirea subansamblurilor și pieselor, componente ale utilajelor;
- montarea utilajelor în urma reviziei și reparațiilor;
- efectuarea reglărilor, probelor și încercărilor;
- întocmirea documentelor de predare, evidență și operare a utilajelor reparate.

6.2. SISTEME DE REVIZII TEHNICE ȘI REPARAȚII

Actualmente sînt cunoscute următoarele sisteme de revizii tehnice și reparații:

- revizii și reparații după necesitate;
- reparații pe bază de constatări în urma reviziilor;
- reparații preventive cu planificare rigidă (standard);
- reparații preventive cu planificare controlată (sistem preventiv-planificat de revizii tehnice și reparații care cuprinde:
 - revizia tehnică (R_t);
 - reparații curente (R_{c1} și R_{c2});
 - reparații capitale (R_k).

6.2.1. SISTEMUL DE REVIZII TEHNICE ȘI REPARAȚII DUPĂ NECESITATE

Acest sistem este aplicabil în cazul *uzurii avansate* sau *avarțiilor* a *utilajelor*. Reviziile și reparațiile după necesitate se fac, după caz, fără planificare prealabilă.

Sistemul aplicabil în cazul uzurii avansate a utilajelor, pe lângă unele avantaje (costuri mici de întreținere, personal restrîns de întreținere), prezintă și dezavantaje cum sînt: întreruperea producției în perioade neprevăzute, uzură prematură a subansamblurilor, lipsa unei pregătiri prealabile a pieselor de schimb.

Sistemul aplicabil pentru combaterea avariilor de utilaje se realizează fără respectarea ordinii reparațiilor planificate. Pentru evitarea avariilor, este necesar ca în cinematica utilajelor să se introducă dispozitive speciale de siguranță, care la suprasolicitări întrerup legătura cinematică.

6.2.2. SISTEMUL DE REPARAȚII PE BAZĂ DE CONSTATĂRI ÎN URMA REVIZIILOR

Acest sistem se aplică în cazul când, în urma reviziilor, se fac constatări privind gradul de uzură avansată a unor utilaje și necesitatea reparației utilajelor respective.

Sistemul menționat prezintă unele dezavantaje, cum sînt: lipsa de prevenire și de pregătire a pieselor de schimb și a echipelor de intervenție pentru realizarea reparațiilor; planuri instabile de reparații.

6.2.3. SISTEMUL DE REPARAȚII CU PLANIFICARE RIGIDĂ (STANDARD)

Aplicarea acestui sistem impune scoaterea obligatorie din funcțiune a utilajelor la anumite perioade predeterminate pentru a fi reparate, independent de starea lor tehnică.

Avantajele sistemului constau în: nominalizarea și confecționarea din timp a pieselor de schimb și nominalizarea pieselor ce se repară la demontare.

Printre dezavantaje enumerăm: nu permite adoptarea unui sistem unic de reparații pentru toate utilajele aparținînd aceleiași ramuri industriale; duce la risipă de materiale și manoperă; durata de serviciu real posibilă a componentelor unor utilaje este incomplet realizată și din acest motiv rezultă, în unele cazuri, un consum exagerat de piese de schimb.

6.2.4. SISTEMUL DE REPARAȚII PREVENTIVE CU PLANIFICARE CONTROLATĂ

Acest sistem denumit și sistem preventiv-planificat de revizii tehnice și reparații combină metoda reparațiilor pe bază de constatări cu cel de reparații cu planificare rigidă.

În timp ce la sistemul cu planificare rigidă reparațiile se execută la datele și volumul stabilit prin plan (indiferent dacă sînt îndeplinite sau nu condițiile obiective pentru executarea reparațiilor) în sistemul preventiv-planificat se introduce prin plan un control obligatoriu și periodic al utilajelor cu ajutorul căruia se verifică dacă uzurile au atins limitele prevăzute de documentația pregătitoare sau dacă le-au depășit. Față de aceste constatări se modifică planul de revizii tehnice și reparații.

Avantajele sistemului constau în: elaborarea din timp a planului de reparații; întocmirea documentației și organizarea lucrărilor de reparații ținînd seamă de volumul și specificul acestora; corectează termenele normate de reparații în funcție de modul cum sînt exploatate și întreținute utilajele; economisirea materialelor și manoperei datorită renunțării la unele reparații sau prelungirea termenelor de executare a altora care nu sînt strict necesare.

Dezavantajele aplicării sistemului constau în: crearea de stocuri inutile de piese de schimb; imposibilitatea realizării unor fluxuri de reparații; productivitate redusă.

6.3. MODURI DE ORGANIZARE A SISTEMELOR DE REVIZII TEHNICE ȘI REPARAȚII

Organizarea reviziilor tehnice și reparațiilor se poate face în trei variante de sistem; sistem centralizat, sistem descentralizat, sistem mixt.

Sistemul centralizat. Prezintă unele avantaje incontestabile: producerea și achiziționarea pieselor de schimb în condiții economice; subordonația ierarhică și funcțională unică; utilizarea rațională a suprafețelor de producție și a forței de muncă. Printre dezavantaje enumerăm: repararea activităților de întreținere și reparații de activitatea producției de bază; dotarea separată cu aparate de măsură și control (AMC) și SDV specifice.

Sistemul descentralizat. În acest caz lucrările de întreținere, reviziile tehnice și reparațiile se execută la nivelul secțiilor de producție care sînt dotate cu utilaje, AMC și personal de specialitate.

Sistemul mixt. Acest sistem combină caracteristicile celor două sisteme precedente, prezentînd un grad mare sau mai mic de centralizare sau descentralizare și anume: lucrările de întreținere, revizii tehnice și reparații curente (R_{c1} și R_{c2}) sînt repartizate compartimentelor de producție; lucrărilor de reparații capitale sînt executate de compartimentul mecano-energetic al întreprinderii.

6.4. SISTEMUL PREVENTIV-PLANIFICAT DE REVIZII TEHNICE ȘI REPARAȚII

6.4.1. DATE INTRODUCTIVE

În cadrul acestui sistem, după cum se știe, se deosebesc: reviziile tehnice (R_t), reparațiile curente (R_{c1} și R_{c2}); reparațiile capitale (R_k).

Revizia tehnică. Constituie un ansamblu de lucrări efectuate, de obicei, înainte a unei reparații planificate în scopul determinării stării tehnice a utilajelor și nominalizării principalelor operații ce urmează a se efectua cu ocazia primei reparații planificate. Reviziile tehnice se execută cînd utilajele nu sînt programate a funcționa sau cînd există pauze tehnologice.

Reparațiile curente. Reparațiile curente se execută periodic, dar planificat, pentru înlăturarea uzurii normale sau a unor deteriorări locale prin repararea, recondiționarea sau înlocuirea unor piese componente sau chiar înlocuirea parțială a unor subansambluri uzate.

În funcție de mărirea intervalului de timp de funcționare între două reparații succesive, de importanța lucrărilor ce se execută, de valoarea pieselor și subansamblurilor reparate, recondiționate sau înlocuite reparațiile curente pot fi de gradul I (R_{c1}) și de gradul II (R_{c2}).

Reparația capitală. Are ca scop efectuarea reparațiilor, în mod planificat, după expirarea ciclului de funcționare prevăzut în normative. Reparația capitală trebuie să readucă utilajul astfel, încît să corespundă complet scopului inițial pentru care a fost construit.

6.4.2. OBIECTIVE ȘI LUCRĂRI SPECIFICE ALE SISTEMULUI PREVENTIV-PLANIFICAT DE REVIZII TEHNICE ȘI REPARAȚII ȘI MODALITĂȚI DE REALIZARE A LOR

Obiectivele și lucrările specifice sistemului preventiv-planificat de revizii tehnice și reparații sînt prezentate, sub forma unei scheme bloc, în fig. 6.1, care conține, de asemenea, căile și mijloacele de îndeplinire a lor.

Principalele obiective ale acestui sistem sînt: prevenirea defecțiunilor, înlocuirea pieselor uzate, evitarea opririlor neprevăzute și avariilor, menținerea utilajelor în stare de funcțiune.

Sistemul preventiv-planificat reprezentat în figura 6.1 conține, de asemenea, ansamblul lucrărilor ce trebuie efectuate în cadrul acestuia și anume: curățirea și îngrijirea utilajelor, lubrifierea, urmărirea zilnică în exploatare a utilajelor, verificarea periodică a dispozitivelor de acționare.

Un rol deosebit în sistemul preventiv-planificat de revizii tehnice și reparații îl deține lubrifierea. Organizarea lubrifierii are în vedere următoarele atribuții: asigurarea ungerii la timp a tuturor pieselor, subansamblurilor și utilajelor, elaborarea fișelor și schemelor de ungere și instruirea personalului destinat realizării operațiilor de ungere; buna gospodărire a lubrifianților; organizarea unui control periodic al realizării operațiilor de ungere.

6.5. EFICIENȚA ECONOMICĂ A SISTEMULUI PREVENTIV-PLANIFICAT DE REVIZII TEHNICE ȘI REPARAȚII

Eficiența economică a sistemului preventiv-planificat de revizii tehnice și reparații se determină cu ajutorul a doi indicatori: reducerea costurilor de reparații prin prevenirea defecțiunilor; creșterea disponibilității utilajelor.

Reducerea costurilor de reparații prin prevenirea defecțiunilor. Acest indicator este ilustrat de economicitatea totală E_t ce se obține prin prevenirea defecțiunilor utilajelor.

Pentru a se determina economicitatea totală E_t , se calculează, în prealabil, costurile economisite prin prevenirea defecțiunilor C_e care se compun din:

- costurile pentru repararea defecțiunilor economisite (C_r);
- costurile pentru opriri economisite (C_o).

Deci, costurile economisite prin prevenirea defecțiunilor C_e sînt egale cu:

$$C_e = C_r + C_o \quad (6.1)$$

Notîndu-se cu C_p costurile pentru măsurile de prevenire a defecțiunilor, atunci economicitatea E_t se determină cu relația:

$$E_t = C_e - C_p \quad (6.2)$$

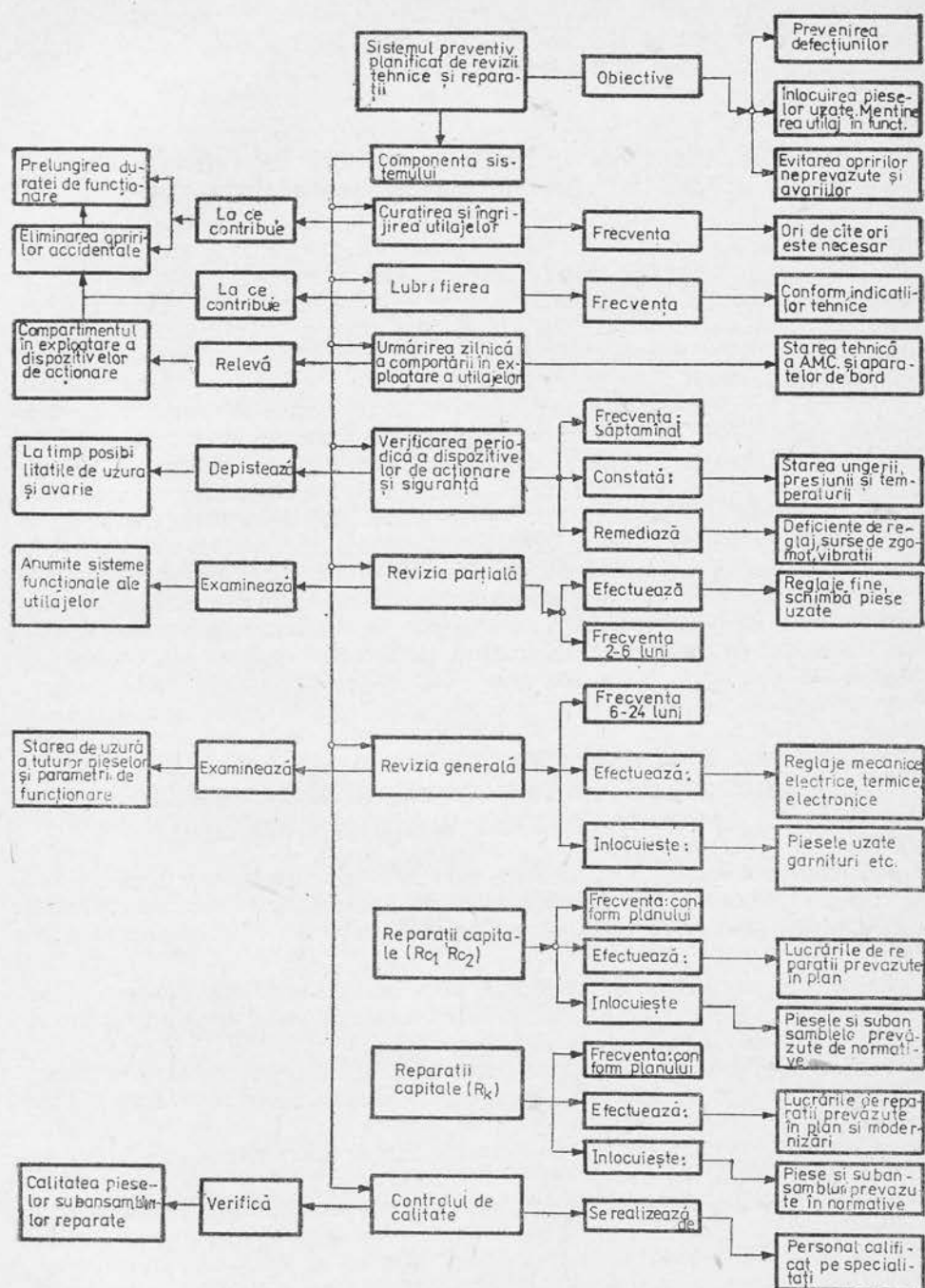


Fig. 6.1. Schemă bloc privind obiectivele și lucrările specifice sistemului preventiv — planificat de revizii tehnice și reparații.

Indicatorul economicității E_t este corespunzător, respectiv măsurile pentru prevenirea defectiunilor sînt justificate, dacă este îndeplinită condiția

$$E_t = C_e - C_p > 0 \quad (6.3)$$

Disponibilitatea utilajelor. Disponibilitatea unui utilaj constituie variația economicității exploataării utilajului respectiv în funcție de costuri și este influențată de activitatea de întreținere preventivă.

Prin măsurile de prevenire a defectiunilor disponibilitatea utilajelor crește iar economicitatea E_t , calculată mai sus, constituie un efect al disponibilității îmbunătățite.

Disponibilitatea optimă a utilajelor reprezintă maximumul funcției $E_t = f(C_p)$ calculat din derivata funcției:

$$\frac{dE_t}{dC_p} = 0, \quad (6.4)$$

a cărei rădăcină înlocuită în funcția original $E_t = f(C_p)$, permite determinarea disponibilității optime.

6.6. ORGANIZAREA REPARĂRII ECHIPAMENTELOR, UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR INDUSTRIALE PRIN METODE ÎN FLUX TEHNOLOGIC

În ultimul timp se aplică tot mai mult, atît la nivel mondial cît și în țara noastră, metode noi de întreținere și reparare a utilajelor în flux (mașini-unelte, benzi, linii automate, mașini agregat etc.).

6.6.1. ORGANIZAREA REPARAȚIILOR MAȘINILOR-UNELTE

În acest caz se aplică mai multe metode de reparare de mare productivitate și anume:

- efectuarea reparațiilor la locul mașinilor-unelte;
- asigurarea completă și la timp a materialelor necesare efectuării reparațiilor;
- utilizarea pauzelor pentru reparații, a schimburilor neprogramate, a zilelor de repaos și sărbători legale;
- executarea continuă a reparațiilor în toate schimburile;
- înzestrarea echipelor de intervenție cu accesorii și SDV-uri specifice;
- aplicarea metodei drumului critic în procesul de întreținere și reparații.

6.6.2. ORGANIZAREA REPARAȚIILOR BENZILOR, LINIILOR AUTOMATE ȘI MAȘINILOR AGREGAT

Intrucît în sistemul lucrului în flux continuu productivitatea locurilor de muncă este sincronizată, reparațiile după necesitate și accidentale sînt în completă discordanță cu ritmicitatea acestui sistem. Ieșirea bruscă, neplanificată din producție a unui post de lucru dezechilibrează ritmul și anulează total esența sistemului de lucru pe bandă. Din acest motiv, răspîndirea în industrie a sistemului de lucru pe bandă, impune noi forme

de execuție a reparațiilor utilajelor, forme care trebuie să corespundă cerințelor de continuitate a proceselor tehnologice.

Ținându-se seamă de cele de mai sus, sistemul de fabricație pe bandă impune ca atât operațiile de întreținere, cât și cele de reparații curente trebuie să fie realizate numai în timpul întreruperilor normale ale procesului tehnologic, al pauzelor pentru necesități firești, al opririlor dintre schimburi sau în zilele de repaus și sărbători legale.

Reparația unui utilaj în sistemul de lucru în flux continuu se realizează, de obicei, începându-se cu mașina care efectuează ultima operație și trecând apoi la mașina care efectuează operația anterioară, realizând deci reparațiile în sens invers fluxului de fabricație.

Înainte de a se opri o mașină pentru a fi supusă reparațiilor este necesar să se creeze la locul ei de lucru o rezervă de piese al căror studii de prelucrare corespunde operației executate la mașina respectivă. Fără această rezervă, fluxul de fabricație s-ar opri în punctul unde se scoate din funcțiune mașina. Această rezervă însă alimentează șirul următor de mașini, ca și când piesele ar proveni de la mașina oprită. În acest mod, fluxul de fabricație este împărțit provizoriu în două linii independente, una în continuarea celeilalte, legătura dintre ele făcându-se prin rezerva creată, în prealabil. În timpul cât mașina este reparată, rezerva creată la locul ei de lucru se consumă. În schimb, înaintea acestei mașini se creează o nouă rezervă de piese, din care se va alimenta mașina reparată și șirul următor acesteia, în momentul în care mașina dinaintea ei va fi și ea oprită pentru a fi reparată.

În mod practic, prima rezervă de piese se creează la ultimul loc de lucru al unei linii de producție. Apoi, când toate mașinile acestei linii sînt încărcate uniform se trece în reparație ultima mașină. Datorită rezervei create, celelalte sectoare de fabricație sînt alimentate în mod normal cu piesele sau semifabricatele necesare.

Această metodă oferă posibilitatea reparării, pe rînd, a mașinilor, fără întrerupere, asigurînd astfel alimentarea normală a liniilor și compartimentelor de fabricație.

6.7. MODERNIZAREA ECHIPAMENTELOR ȘI UTILAJELOR

În cadrul organizării sistemelor de revizii tehnice și reparații a utilajelor se realizează și operații de modernizare.

Modernizarea utilajelor constituie o acțiune complexă avînd ca scop ca, odată cu efectuarea reparațiilor capitale, să se realizeze și lucrări de modernizare a acestora, care să permită ca parametrii lor funcționali — ai utilajelor — să devină comparabili cu cei ai utilajelor ce se produc pe plan mondial.

Schema logică de modernizare a unui utilaj este reprezentată în figura 6.2, din care rezultă etapele ce trebuie parcurse în acțiunea de modernizare. Principalele momente sînt: *obținerea datelor de intrare* (standarde, livretul utilajului, fișa cronologică a defectiunilor; elaborarea documentației tehnice a pieselor componente ale utilajului, a documentației tehnice de modernizare și automatizare și a nomenclatorului pieselor și subansamblurilor nominalizate); *proiectarea și reproiectarea unor piese și subansambluri supuse modernizării*.

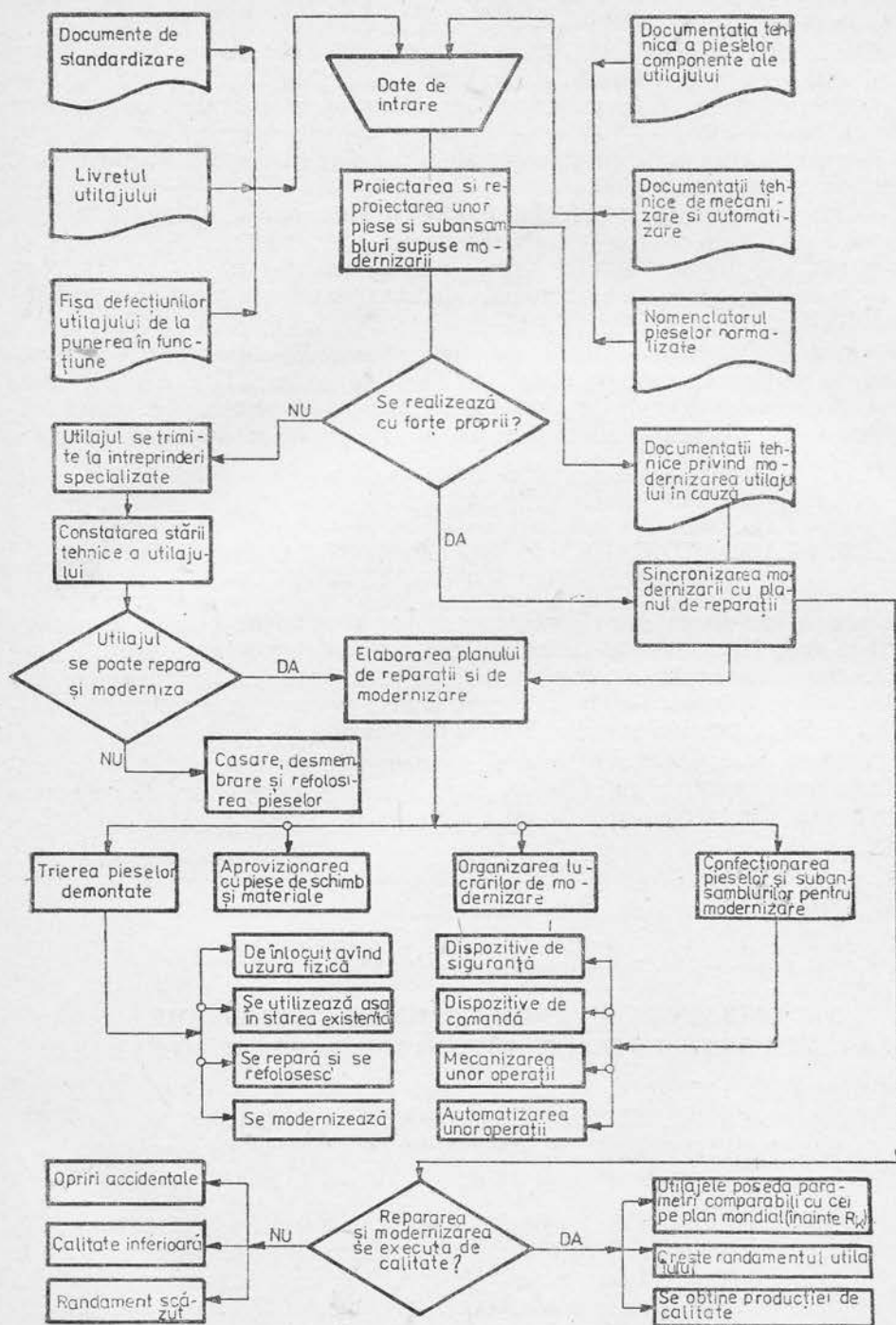


Fig. 6.2. Schemă logică privind modernizarea unui utilaj.

Apoi, schema logică relevă lucrările ce trebuie realizate în continuare până la modernizarea utilajului.

Prin modernizare se obțin, în final, următoarele obiective:

- ridicarea productivității și randamentului utilajului;
- simplificarea și normalizarea constructivă concomitent cu sporirea rezistenței la uzură;
- mecanizarea manipulării manuale a pieselor cu dispozitive magnetice, electronice, pneumatice etc.;
- automatizarea unor mișcări (cuplarea automată a utilajului, prelucrarea automată a unor materiale și piese etc.);
- extinderea posibilităților tehnologice ale utilajului;
- reducerea costurilor de regie prin standardizarea pieselor și subansamblurilor.

Pentru efectuarea oricărei lucrări de modernizare este necesar, în prealabil, să se întocmească un studiu tehnico-economic (STE) de eficiență în care să rezulte principalele avantaje tehnice și economice ale acțiunii de modernizare. Abia după aceea se trece la acțiunea de modernizare propriu-zisă.

6.8. STANDARDIZAREA PIESELOR ȘI SUBANSAMBLURILOR

Organizarea sistemelor de revizii tehnice și reparații implică concomitent și operații de standardizare a dimensiunilor, formelor și calității pieselor și subansamblurilor componente ale unui utilaj. Standardizarea reduce radical volumul lucrărilor de proiectare și execuție a pieselor și subansamblurilor precum și stocurilor lor de rezervă.

Totodată, standardizarea lanțurilor cinematice ale utilajelor oferă posibilități mari pentru nominalizarea unor viteze și turații deci de economisire a unor dispozitive costisitoare.

CAPITOLUL 7

ELEMENTE DE PROIECTARE ȘI ORGANIZARE A COMPARTIMENTELOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII

7.1. ELEMENTE DE PROIECTARE A COMPARTIMENTELOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII

Pentru proiectarea unui compartiment de întreținere și reparații a utilajelor este necesar să se aibă în vedere următoarele premise: funcția și scopul compartimentului; atribuțiile specifice; dotarea compartimentului cu echipamente de lucru; organizarea personalului de deservire; organizarea generală a compartimentului.

După definirea elementelor de proiectare susmenționate se precizează etapele de proiectare care, în principiu, sînt cele prezentate în figura 7.1.

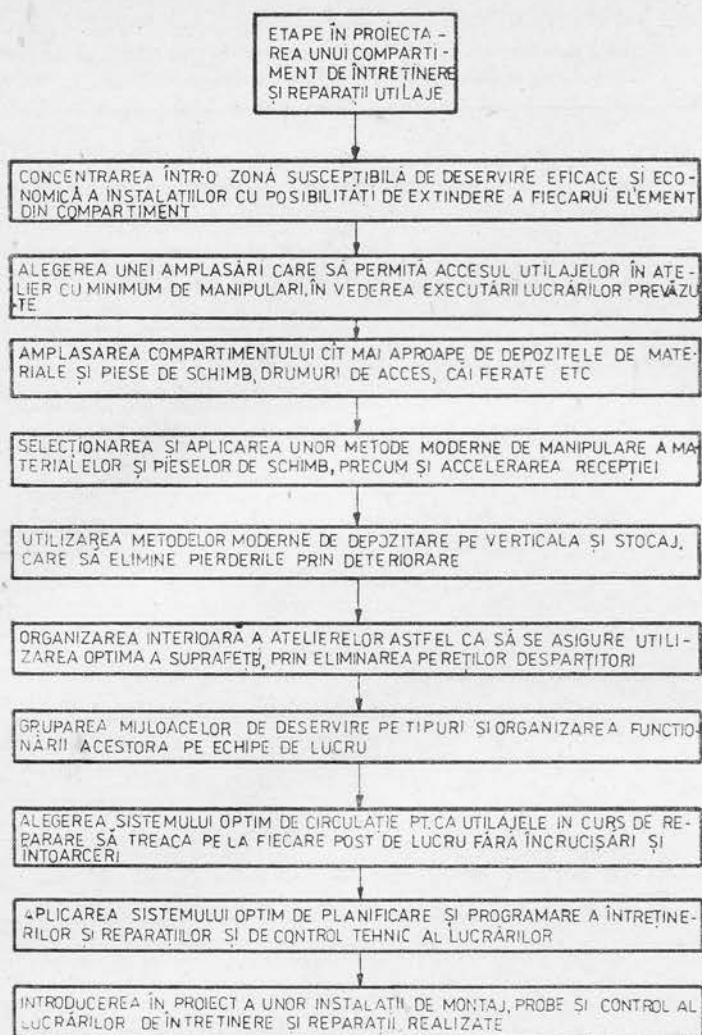


Fig. 7.1. Fazele de proiectare a unui compartiment de întreținere și reparații a utilajelor electromecanice.

Pentru elaborarea proiectului este necesar să se aibă în vedere datele inițiale de proiectare și conținutul acestora așa cum se arată în tabelul 7.1.

La întocmirea proiectului de execuție a compartimentelor de întreținere și reparație este de asemenea necesar să se aibă în vedere și unele *restricții* privind amplasarea și anume:

- integrarea totală pentru realizarea întreținerii, reviziei și controlul tehnic al utilajului existent;
- respectarea fluxului de operații impus de planul de operații pentru tipurile reprezentative de utilaje;
- utilizarea rațională a spațiului disponibil prin organizarea lucrărilor în flux continuu și folosirea totală a acestuia în coordonate orizontale și verticale;

Denumirea și conținutul datelor servind la întocmirea proiectului tehnic și de execuție a unui compartiment de întreținere și reparare

Denumirea datelor	Conținutul datelor
Caracteristicile locului de amplasare	Amplasament la nivelul solului, la subsol sau la etaj
	Orientare și spațiu pentru extindere
Instalații sanitare și dotare pentru personalul compartimentului	Vestiare
	Instalații sanitare (apă, canal, etc.)
Modalități de acces la compartimentul de întreținere și reparare	Deservire rutieră și poziționarea drumurilor
	Dimensiunile și tipurile drumurilor
Încălzirea clădirii, mod de realizare și izolare	<i>Tipul de încălzire:</i> cu abur, cu apă, cu aer cald, electric
	<i>Modul de realizare:</i> la sol, cu panouri radiante, cu radiatoare
	<i>Modul de izolare termică:</i> sticlă termoizolantă, panouri
Structura clădirii	Permanentă, temporară, demontabilă
	Natura scheletului: din oțel sudat, beton armat etc.
	Dimensiunile traveelor
	Forma acoperișului
	Pardoseala
	Conducte și canalizări
Spații pentru birouri	Birouri pentru conducere
	Birouri pentru servicii funcționale
	Birouri pentru meșteri și tehnicieni
Utilități necesare	<i>Tipul de iluminat:</i> cu incandescență, fluorescent, mixt, mărimea iluminării (<i>lux</i>) la nivelul solului și a planului de lucru
	Iluminări suplimentare
	Sistemul de distribuție a energiei: rețeaua electrică de joasă tensiune, aerul comprimat etc.
	Prevederi contra incendiilor
Echipamentul tehnologic și instalațiile interioare	Mașini-unelte
	Bancuri de lucru
	Aparatură de măsură și control (AMC)
Echipament de transport	Poduri rulante, macarale
	Cărucioare de ridicat și transportat
	Alte mijloace de transport

— distanța minimă de deplasare în transportul pieselor, subansamblurilor și ansamblurilor;

— dotarea cu instalații sanitare și de securitate a muncii;

— posibilitatea de adaptare a compartimentului de întreținere și reparare în funcție de cerințele impuse de tehnologia de reparații recomandată.

Pentru proiectarea unui compartiment de întreținere și reparații este necesar ca, pe lângă restricțiile de mai sus, să se țină seamă de modalitățile de amplasare și amenajare a atelierelor de întreținere și reparații, precum și de organizarea transportului intern în interiorul acestora.

Modalități de amplasare a compartimentelor de întreținere și reparații.

Amplasarea compartimentelor de întreținere și reparații se poate face în mai multe moduri așa cum ilustrează figura 7.2:

— amplasare în paralel (fig. 7.2, a); amplasare unghiulară (fig. 7.2, b); amplasare liniară (fig. 7.2, c).

Amenajarea atelierelor de întreținere și reparare. O bună amenajare a atelierelor de întreținere și reparare trebuie să satisfacă următoarele cerințe:

— atelierul trebuie să fie degajat, să nu aibă ziduri sau pereți despărțitori care divizează atelierul în mici unități izolate;

— atelierul trebuie deservit de poduri rulante;

— să existe posibilitatea unei extinderi a atelierelor (A) și depozitelor (D);

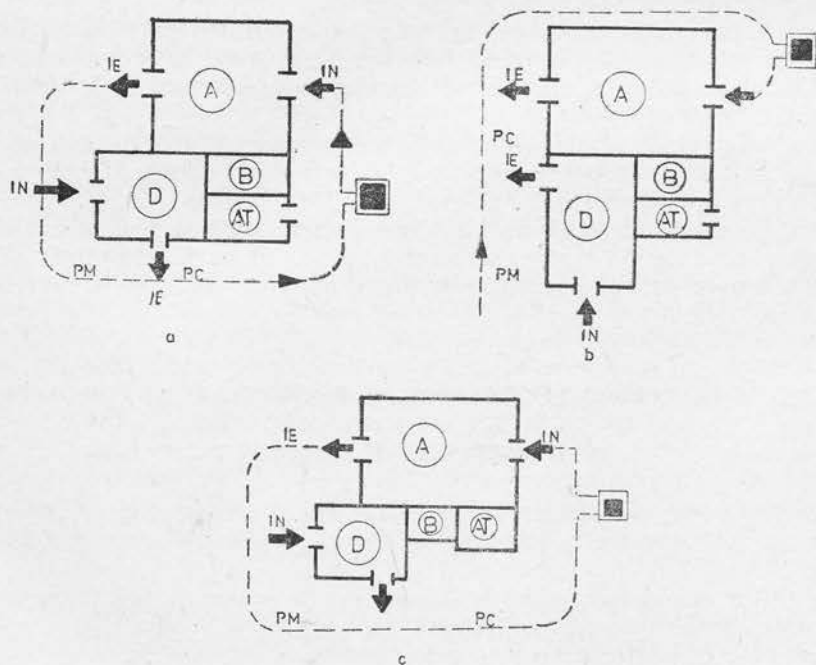


Fig. 7.2. Modalități de amplasare a compartimentelor de întreținere și reparații:

a — amplasare paralel; b — amplasare unghiulară; c — amplasare liniară;
A — atelierul de întreținere și reparații propriu-zis; B — birouri; D — depozit;
AT — atelier de întreținere; PM — parc de mașini; PC — punct de control;
IN — intrare; IE — ieșire.

— atelierul trebuie să fie dotat cu instalații sanitare și de protecție a muncii corespunzătoare procedurilor de întreținere și reparații aplicabile tuturor tipurilor de utilaje.

Transportul intern în cadrul atelierelor de întreținere și reparații. Condițiile de desfășurare a unui transport intern corespunzător impun ca:

— intrarea în ateliere să se facă pe la o extremitate a acestora, traversând apoi diversele posturi de lucru, iar ieșirea să se facă pe la cealaltă extremitate;

— utilajul care trebuie reparat să fie supus, în prealabil unei operații de degresare;

— demontarea generală să se realizeze pe bancuri de lucru cu ajutorul containerelor.

7.2. ELEMENTE DE ORGANIZARE A COMPARTIMENTELOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII

Organizarea activităților de întreținere și reparații, prezintă actualmente o varietate de forme determinate de ramura economică, amplasarea teritorială, felul și tipul echipamentelor din dotare, regimul de lucru și calificarea personalului. În toate circumstanțele este necesar ca forma organizatorică adoptată să prezinte flexibilitate, organizare logică a activităților, lucrărilor și operațiilor specifice, o încărcare echilibrată a forței de muncă și utilajelor.

În acord cu cele menționate, formele de organizare pot fi următoarele:

— organizarea lucrărilor de întreținere și reparații în cadrul unei uzine mecanice și în cazul în care aceste lucrări se efectuează în întreprinderi mari și foarte mari;

— organizarea lucrărilor de întreținere și reparații în cadrul unei secții mecanice, integrate în sectoarele de fabricație, când aceste lucrări se efectuează în întreprinderi mari;

— organizarea lucrărilor de întreținere și reparații în cadrul unui compartiment, când aceste lucrări se efectuează în întreprinderi mici.

În continuare, se vor prezenta detalii în legătură cu formele organizatorice citate.

7.2.1. ORGANIZAREA LUCRĂRILOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII ÎN CADRUL UNEI UZINI MECANICE DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII

Întilnită în întreprinderi mari și foarte mari, această formă de organizare a activităților de întreținere și reparații posedă organigrama din figura 7.3.

Atribuțiile uzinei mecanice de întreținere și reparații sînt următoarele:

— coordonează întocmirea planurilor de revizii și reparații și urmărește realizarea lor în conformitate cu termenele stabilite;

— aprobă instrucțiunile de exploatare, întreținere și reparații ale utilajelor, agregatelor și instalațiilor;

— coordonează activitatea de întocmire a nomenclatoarelor și normativelor de piese de schimb, a documentației de proiectare și tehnologie a acestora;

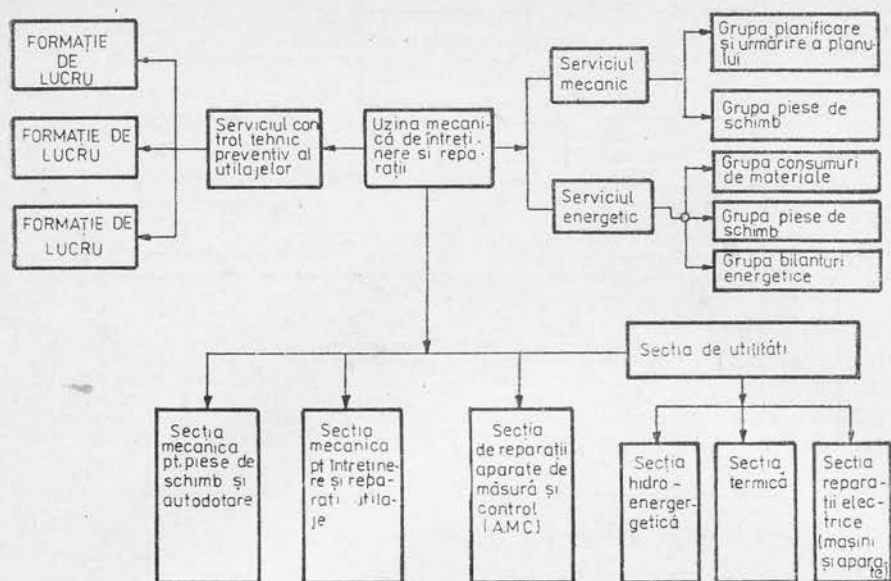


Fig. 7.3. Organigrama unei uzine de întreținere și reparare.

— răspunde de realizarea planului de revizii și reparații a utilajelor, agregatelor și instalațiilor;

— asigură personalul necesar pentru toate atelierelor de întreținere și reparații;

— asigură aprovizionarea cu materiale, combustibili, energie, piese de schimb necesare în procesul de întreținere și reparații;

— îndrumă, coordonează și controlează planificarea și utilizarea rațională a energiei (electrice și termice) respectiv a instalațiilor energetice urmărind evidența consumurilor energetice și propunând măsuri pentru reducerea acestora;

— coordonează, îndrumă și răspunde de buna funcționare a aparatelor și instalațiilor de măsură, control și automatizare, precum și cea de întreținere și reparații a aparaturii și instalațiilor de automatizare;

— organizează activitatea de pregătire a personalului în perspectivă;

— organizează și răspunde de activitatea de protecție a muncii și de paza contra incendiilor;

— organizează și urmărește activitatea de lubrifiere.

Atribuțiile uzinei mecanice de întreținere și reparații sînt obligatorii, iar unele dintre acestea devin atribuții și pentru serviciile (mecanic, energetic) și grupele funcționale ale acestora.

7.2.2. ORGANIZAREA LUCRĂRILOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII ÎN CADRUL UNEI SECȚII MECANICE DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII

Această formă de organizare este aplicată așa cum s-a menționat, în întreprinderi mari iar organigrama ei este indicată în figura 7.4.

Organizarea secțiilor mecanice de întreținere și reparații se face în cadrul uzinelor specializate care posedă sectoare de fabricație cu profil și in-

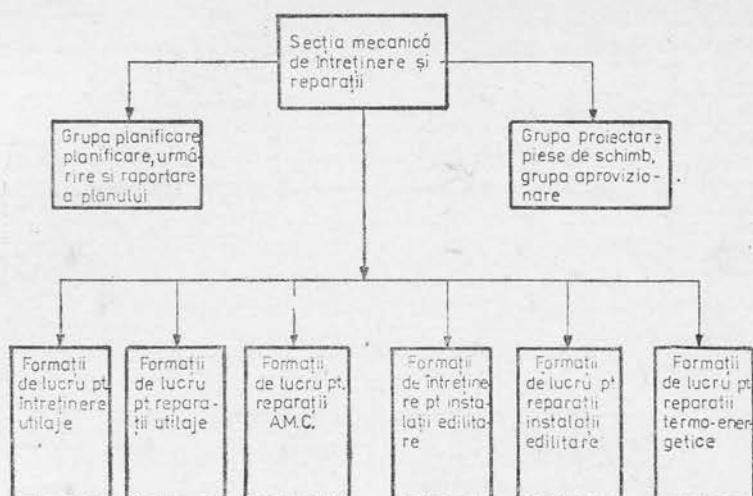


Fig. 7.4. Organigrama a unei secții de întreținere și reparație.

stalații tehnologice și care permit efectuarea de prelucrări mecanice și montaje specifice utilajelor supuse întreținerii și reparații. În astfel de cazuri, secțiile mecanice de întreținere sunt integrate direct în sectoarele de fabricație ale uzinei pe care le deservește în mod nemijlocit.

Așa cum reiese din figura 7.4, organizarea acestor secții permite, realizarea din punct de vedere funcțional, a tuturor lucrărilor de întreținere și reparații a utilajelor din dotarea întreprinderilor industriale având următoarele atribuții:

- întocmirea și urmărirea planului de întreținere și reparații;
- elaborarea normativelor de consumuri materiale, piese de schimb etc.;
- organizarea și urmărirea operațiilor de lubrifiere pe raza sectoarelor de fabricație, în cadrul cărora își desfășoară activitatea;
- întocmirea și elaborarea metodologiei de lucru pentru lucrările întreținere și reparații a utilajelor;
- întocmirea situațiilor privind utilajele disponibile și a celor propuse pentru casare;
- respectarea normelor de protecție a muncii și tehnică a securității, precum și a normativelor de pază contra incendiilor în sectorul în care își desfășoară activitatea.

7.2.3. ORGANIZAREA LUCRĂRILOR DE ÎNȚEȚINERE ȘI REPARAȚII ÎN CADRUL UNUI COMPARTIMENT MECANO-ENERGETIC

În cazul întreprinderilor mici și mijlocii, reparațiile utilajelor se efectuează de regulă, de către personalul cu specialitate mecanică, electrică electronică, în cadrul unor formații de lucru corespunzătoare conduse direct de către sectoarele de fabricație și coordonate metodologic de compartimentul mecano-energetic al întreprinderii. În general, formele de organizare a activităților de întreținere și reparații pot fi diferite în funcție de posibilitățile tehnice și mărimea întreprinderilor respective.

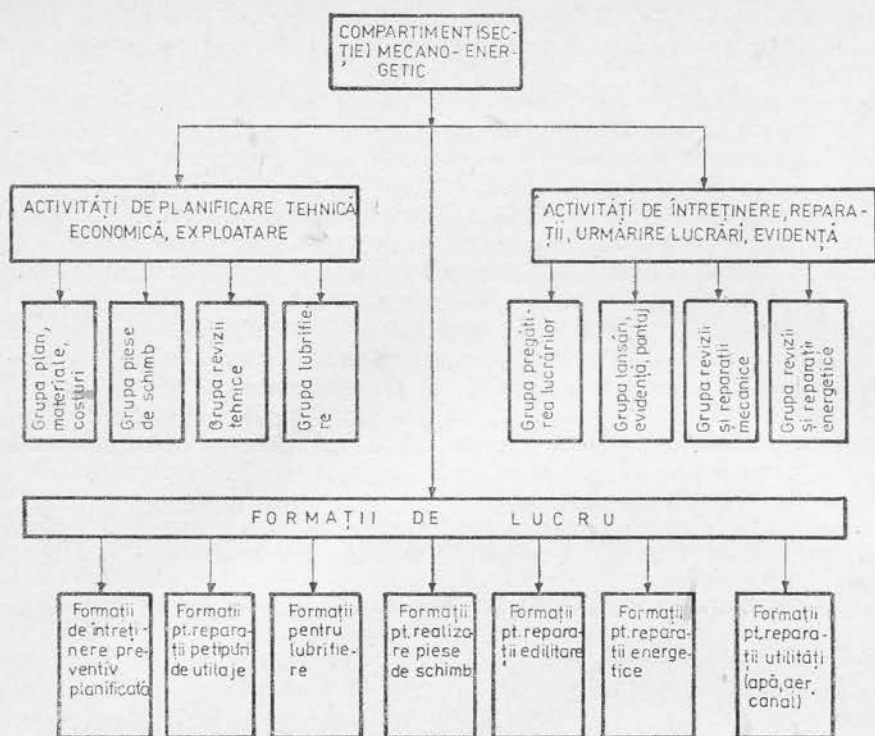


Fig. 7.5. Organigrama unui compartiment de întreținere și reparare.

Organigrama unui compartiment de întreținere și reparații este prezentată în figura 7.5.

Printre atribuțiile compartimentelor mecano-energetice menționăm:

a) *În domeniul întreținerii și reparațiilor*

— răspunde de menținerea în funcție, la parametrii tehnici proiectați, a utilajelor aflate în dotare;

— elaborează graficul de revizii tehnice și reparații, precum și documentația tehnică necesară acestor lucrări (desene de execuție, tehnologii, devize);

— răspunde de realizarea, conform graficului, a lucrărilor de revizii tehnice și reparații a utilajelor, precum și aparaturii de măsură și control (AMC);

— urmărește realizarea în secții și ateliere de reparații a indicilor de utilizare a fondului de timp disponibil stabilit pentru mașinile-unelte;

— analizează și avizează temele de proiectare pentru modernizarea instalațiilor tehnologice și extinderea capacităților de reparații;

— participă la elaborarea temelor de proiectare pentru lucrări de auto-utilizare și la realizarea acestor lucrări;

— asigură dotarea compartimentului mecano-energetic cu SDV, mașini de ridicat și transportat;

— organizează formații de lucru specializate pe tipuri de utilaje și răspunde de activitatea lor;

— răspunde de aplicarea prescripțiilor privind exploatarea instalațiilor sub presiune și de ridicat.

b) În domeniul realizării pieselor de schimb

— proiectează și asigură asimilarea pieselor de schimb pentru utilaje și instalațiile în dotare;

— participă cu factorii interesați la elaborarea consumurilor pieselor de schimb pentru fiecare tip de utilaj;

— răspunde de elaborarea documentației de proiectare și tehnologice și de execuția pieselor de schimb;

— stabilește piesele de schimb care pot fi recondiționate;

— urmărește permanent comportarea în exploatare a principalelor piese de schimb utilizate la lucrările de întreținere și reparații, elaborând propuneri de îmbunătățire a performanțelor acestora.

c) În domeniul economiei de energie

— asigură necesarul de utilitate la parametrii impuși (energie electrică, energie termică, aer comprimat, apă industrială, abur);

— răspunde de folosirea rațională a combustibililor și energiei în toate sectoarele de fabricație și de încadrarea în normele de consum aprobate;

— elaborează planul consumului de energie, pe baza planului de producție și de normele de consum;

— răspunde de elaborarea și actualizarea bilanțurilor energetice și urmărește operativ realizarea normelor de economisire a energiei și combustibililor;

— răspunde de realizarea indicatorilor tehnico-economici ai instalațiilor energetice.

PARTEA A II-A

CALITATEA ȘI FIABILITATEA ECHIPAMENTELOR, UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR INDUSTRIALE

CAPITOLUL 8

CONCEPTUL DE CALITATE. ASIGURAREA ȘI CONTROLUL CALITĂȚII ECHIPAMENTELOR, UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR INDUSTRIALE

8.1. DATE INTRODUCTIVE

Documentele Congresului al XII-lea al Partidului Comunist Român au relevat cu pregnanță semnificația deosebită a calității produselor și serviciilor în etapa actuală și în perspectivă.

În accepțiunea cea mai larg adoptată calitatea utilajelor industriale reprezintă totalitatea proprietăților unui utilaj, măsura în care el satisface necesitățile societății ca rezultat al performanțelor tehnico-economice și estetice, al gradului de utilitate și eficiență economică pe care le asigură.

Ținând seamă de durata de viață al unui utilaj, în gradul de utilitate sînt cuprinse următoarele elemente principale: *calitatea concepției tehnice sau calitatea proiectării* adică realizarea unui utilaj în conformitate cu proiectul; *calitatea execuției* sau conformitatea execuției utilajului respectiv cu documentația tehnologică; *disponibilitatea* sau probabilitatea ca un utilaj să fie în stare de funcționare la momentul t , și care este pusă în evidență prin *fiabilitatea* (caracteristică exprimată prin probabilitatea cu care utilajul îndeplinește o funcție necesară, în condiții date, pe o durată de timp dată) și *mentenabilitate* (proprietatea unui utilaj exprimată prin probabilitatea ca acesta să poată fi supravegheat, întreținut și reparat într-o anumită perioadă de timp); *prestații de operații tip „service”* pentru beneficiari adică măsura în care aceștia pot obține întreținerea, repararea sau înlocuirea promptă și corectă a pieselor defecte, modul în care se respectă garanțiile date.

În legătură cu cele menționate, în cele ce urmează, vor fi tratate caracteristicile de calitate și măsura calității utilajelor industriale, asigurarea controlul calității, implicațiile economice ale îmbunătățirii calității utilajelor.

8.2. CARACTERISTICI DE CALITATE ALE ECHIPAMENTELOR ȘI UTILAJELOR INDUSTRIALE. MĂSURAREA CALITĂȚII ACESTORA

8.2.1. CARACTERISTICILE DE CALITATE ȘI IMPORTANȚA LOR

Se numește caracteristică de calitate a unui utilaj industrial una din proprietățile acestuia care îi conferă o calitate corespunzătoare.

Ținând seama de elementele la care se referă, deosebim următoarele categorii de caracteristici de calitate:

a) *Caracteristici funcționale.* Aceste caracteristici sînt legate nemijlocit de utilizarea unui anumit utilaj sau instalație cum ar fi: indici energetici (putere, viteză), precizie de prelucrare, frecări, uzură, efect de lubrificație, toleranțe la dimensiuni etc.

b) *Caracteristici psihosenzoriale și sociale.* Astfel de caracteristici se referă la latura estetică a utilajelor (aspect plăcut, eleganța culorilor etc.), zgomot, vibrații etc.

c) *Caracteristici de disponibilitate.* Ele se referă la proprietățile utilajelor de a fi apte pentru utilizarea în orice moment al solicitării. Se exprimă prin caracteristici de fiabilitate, care comensurează probabilistic menținerea în timp a performanțelor calitative ale utilajelor și caracteristici de mentenabilitate, care se referă la aspecte legate de repunerea în funcțiune a unui utilaj în urma defectării acestuia.

În figura 8.1 este reprezentată schematic interdependența caracteristicilor de calitate privită prin prisma eficienței și a serviciului furnizat de un anumit utilaj.

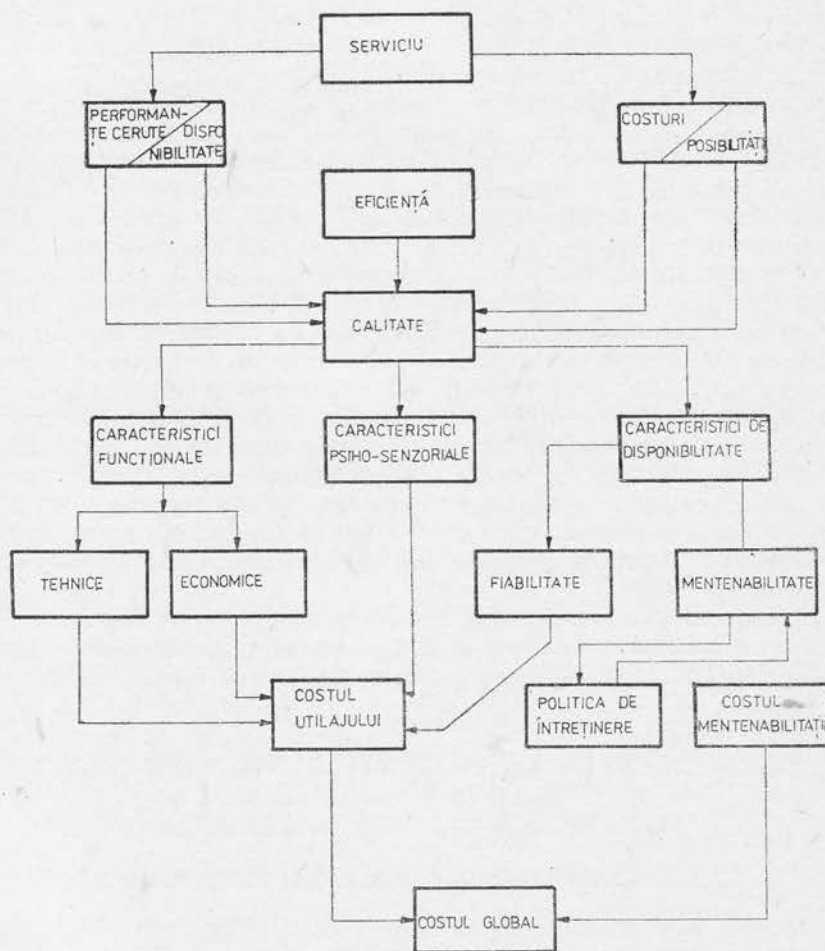


Fig. 8.1. Interdependența caracteristicilor de calitate privită prin prisma eficienței tehnice și economice a acestora.

Din cele menționate reiese importanța majoră a caracteristicilor de calitate și anume că numai integrând într-un tot unitar gradul de utilitate, economicitatea și ergonomia utilajelor se obține o imagine complexă a nivelului calitativ al utilajelor.

8.2.2. RIDICAREA CALITĂȚII ECHIPAMENTELOR ȘI UTILAJELOR INDUSTRIALE OBIECTIV CENTRAL AL POLITICII ECONOMICE

Calitatea produselor în general, a utilajelor și instalațiilor în special, constituie o problemă centrală a politicii economice a țării noastre. Calitatea utilajelor vizează aspecte ale eficienței, productivității, costurilor și în ultimă instanță constituie o problemă socială a calității vieții și a standardului de viață.

În aceste condiții, obținerea unei calități superioare a utilajelor, asimilarea unor utilaje noi și modernizarea tehnologiilor de fabricație existente sînt posibile numai prin conjugarea eforturilor producției cu cele ale cercetării științifice și ale proiectării. Aceasta implică necesitatea unei strînse colaborări a activităților de cercetare, proiectare și de producție.

În acest sens, sînt prevăzute măsuri pentru asigurarea temeinică a cunoștințelor privind calitatea produselor și controlul calității în învățămîntul profesional, tehnic, economic și postuniversitar.

Un rol deosebit în îmbunătățirea calității îl deține controlul acesteia, considerat ca o importantă funcție a conducerii și pîrghie a dezvoltării producției.

Corespunzător prevederilor legii (Legea nr. 2/1970; Legea pentru asigurarea și controlul calității produselor), compartimentul de control tehnic de calitate din întreprinderi răspunde de controlul produselor în toate fazele de fabricație, începînd cu recepția materialelor prime, respectarea în procesul de producție a documentației tehnice și tehnologiei și pînă la verificarea modului cum au fost respectați parametrii stabiliți pentru produsele finite.

O contribuție hotărîtoare în asigurarea calității utilajelor o aduc beneficiarii acestora. În acest sens, beneficiarii au dreptul de a controla pe parcursul fabricației și la livrare modul în care sînt îndeplinite obligațiile asumate de furnizori cu privire la calitatea utilajelor contractate.

Măsurile luate de conducerea partidului și statului nostru, în vederea asigurării și controlului calității produselor, urmăresc să perfecționeze cadrul necesar pentru intensificarea și orientarea unitară a eforturilor tuturor unităților economice în direcția ridicării calității produselor destinate consumului intern și pentru piața externă.

8.2.3. MĂSURAREA CALITĂȚII

Caracterul concret, complex și dinamic al calității impune, elaborarea unor criterii de apreciere, diferențiate în funcție de natura utilajului, care să reflecte nivelul tehnic, rezultatele în exploatare, gradul de competitivitate etc.

În acest scop, caracteristicile calitative pot fi determinate prin *măsurarea directă* (grosimea tablei, diametrul unui ax, fluxul luminos al unei lămpi etc.); *măsurarea indirectă* (puterea unui electromotor, fiabilitatea

unui utilaj cu ajutorul probelor de rezistență la uzură, calitatea unei acoperiri galvanice prin grosimea stratului etc.); prin *comparare cu o mostră etalon*.

În legătură cu măsurarea și estimarea calității utilajelor este în curs de constituire o nouă ramură a științei, cu caracter interdisciplinar, denumită *calimetria* ale cărei principale obiective sînt: stabilirea terminologiei; definirea principalelor noțiuni ale calității utilizate în știință și tehnologie; elaborarea nomenclatorului indicatorilor calitativi; elaborarea metodelor de determinare și evaluare a diferitelor caracteristici și calități.

8.3. ASIGURAREA ȘI CONTROLUL CALITĂȚII ECHIPAMENTELOR ȘI UTILAJELOR

8.3.1. CĂILE DE RIDICARE A CALITĂȚII

Întrucît calitatea trebuie obținută în procesul amplu și complex de cercetare, proiectare și producție, acest proces nu formează niciodată un ciclu închis, ci o spirală conform figurii 8.2.

După cum reiese din această figură, punctul de plecare al activității de îmbunătățire a calității îl constituie *cercetarea științifică*, urmată succesiv de *efectuarea calculelor tehnico-economice*, *proiectarea și întocmirea documentației tehnice*, *stabilirea tipo-dimensiunilor și specificațiilor*, *elaborarea planului de producție*, *aprovizionarea cu materiale*, *obținerea aparatelor de măsură și control (AMC)*, *controlul proceselor tehnologice de fabricație*, *încercări și verificări*, *controlul final*, *livrarea utilajelor fabricate*, *operații de „service” la beneficiari* urmată apoi, în continuare de *cercetări științifice*.

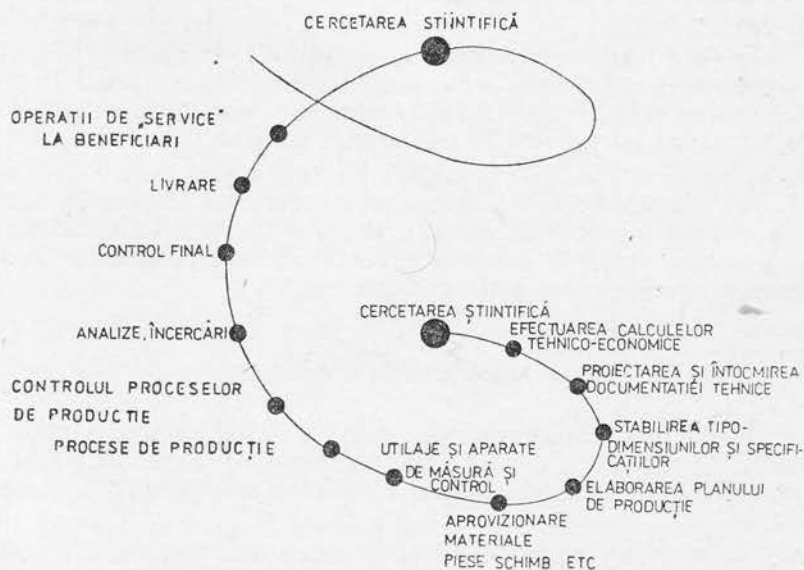


Fig. 8.2. Spirala calității.

Fazele care sînt parcurse în procesul complex de realizare a calității, conform figurii 8.2, se pot sintetiza sub forma așa-numitului *triunghi al calității* prezentat în fig. 8.3, care pune în evidență clar interdependența dintre calitatea concepției și producției utilajului și cerințele beneficiarului.

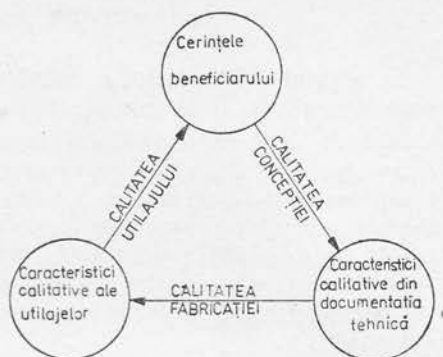


Fig. 8.3. Triunghiul calității.

În condițiile progresului științific și tehnic contemporan, care generează permanent exigențe, asistăm la o scurtare a ciclului de viață a unui utilaj, adică a perioadei de timp în care ele corespund cerințelor societății (din punct de vedere fizic și moral), perioadă care nu depășește 4—5 ani. De aceea, căile de ridicare a calității pot fi sintetizate astfel:

- introducerea și generalizarea celor mai noi realizări ale științei și tehnicii contemporane;
- creșterea gradului de competitivitate pe piața internațională;
- automatizarea proceselor de fabricație a diverselor tipuri de utilaje;
- reducerea consumurilor specifice de materii prime, materiale, combustibil, energie și execuția utilajelor;
- promovarea utilizării cu precădere a materialelor noi și reciclarea materialelor utilizate în construcția utilajelor;
- extinderea diferențierii utilajelor pe clase de calitate;
- adîncirea specializării și cooperării în construcția de mașini și aparate.

Pentru ridicarea calității utilajelor, în acord cu cele susmenționate, fiecărui compartiment al întreprinderilor industriale îi revine sarcini concrete astfel:

a) *Compartimentele de cercetare a pieței și desfacere (marketing)*, trebuie să determine necesitățile beneficiarilor și să stabilească cerințele de calitate ale utilajelor, ca rezultat optim între nevoile beneficiarilor respectivi și economicitatea producției, în condiții de competitivitate ridicată pe piața de desfacere.

b) *Compartimentul de proiectare* trebuie să conceapă produsele corespunzător cerințelor calitative stabilite, să aleagă materialele, să stabilească caracteristicile de calitate, toleranțele, garanțiile și să determine prin calcul fiabilitatea previzibilă.

c) *Compartimentul tehnologic* trebuie să aleagă mașinile și echipamentul cel mai potrivit pentru fabricarea în condiții de calitate și conform normelor prescrise și să prevadă în documentația tehnologică toate condițiile de fabricație și controlul necesar asigurării calității.

d) *Compartimentul de aprovizionare* trebuie să asigure materii prime și materiale de calitate prevăzută în specificații și la termenele prescrise.

e) *Compartimentul de fabricație* trebuie să respecte cu strictețe procesele tehnologice prescrise pe faze și operații.

f) *Compartimentul de calitate* trebuie să verifice permanent calitatea materiilor prime, materialelor, energiei, semifabricatelor și proceselor tehnologice, în conformitate cu prevederile standardelor și normele interne în vigoare.

8.3.2. METODE DE CONTROL A CALITĂȚII

În acțiunea de control a calității se disting două grupe de metode: metode de control deterministe și metode de control probabiliste (statistice).

Metode de control deterministe. Controlul determinist constă în verificarea fiecărui utilaj în parte și este cunoscut sub denumirea de control total sau control bucată cu bucată. Acest control este necesar în cazul pieselor și utilajelor greu solicitate, care ridică probleme speciale și care pot compromite utilajul prin defectarea lor (de exemplu: arbore cotit, supape, cutii de viteze, convertizoare electrice etc.).

Controlul total se poate efectua cu mijloace manuale, semiautomate sau automate.

Metode de control probabiliste (statistice). Aceste metode se bazează pe teoria probabilităților și statistica matematică și se aplică la:

- controlul de recepție al materiilor prime, materialelor, componentelor sau produselor aprovizionate introduse în procesul de fabricație;
- controlul desfășurării proceselor de fabricație în vederea prevenirii apariției rebuturilor;
- controlul produselor finite.

Metodele statistice prezintă avantajul examinării unei anumite părți din producție și generalizarea rezultatelor la întreaga masă de produse. De asemenea, controlul statistic realizează importante economii prin reducerea: pierderilor din rebuturi și cheltuielilor de control.

8.3.3. DIAGNOSTICAREA FACTORILOR PRIN A CĂROR NERESPECTARE SE PRODUC DEFICIENȚE DE CALITATE

Sinteza diagnosticării factorilor esențiali care concurează la realizarea calității unui produs este prezentată în figura 8.4, iar nerespectarea lor conduce la deficiențe calitative și rebuturi. Fiecare dintre factorii respectivi converg pe fluxul principal DOCUMENTAȚIE TEHNICĂ — PRODUS (UTILAJ, INSTALAȚIE ETC.).

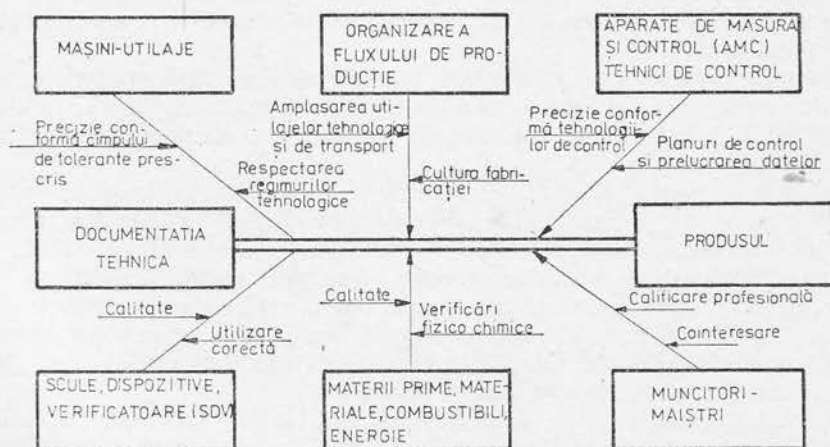


Fig. 8.4. Sinteza diagnosticării factorilor esențiali care concurează la realizarea calității.

8.4. IMPLICAȚII ECONOMICE ALE ÎMBUNĂTĂȚIRII CALITĂȚII

8.4.1. MĂRIREA PRODUCTIVITĂȚII MUNCII

Obținerea unei calități superioare are implicații economice asupra productivității muncii și costurilor utilajelor și instalațiilor, cu relațiile:

$$W = \frac{Q \cdot K}{T}, \quad (8.1)$$

în care:

- Q — reprezintă cantitatea de produse de o anumită calitate;
- K — coeficientul de calitate;
- T — volumul de muncă vie și materializată exprimat în ore-normă convenționale.

Ridicarea nivelului de calitate al utilajelor și instalațiilor necesită cheltuieli suplimentare de producție conform figurii 8.5, în care:

- curba 1 reprezintă cheltuielile necesare pentru realizarea unei calități ridicate;
- curba 2 reprezintă cheltuielile de întreținere și reparație;
- curba 3 reprezintă curba cheltuielilor totale;
- fișa hașurată 4 reprezintă zona optimă a calității.

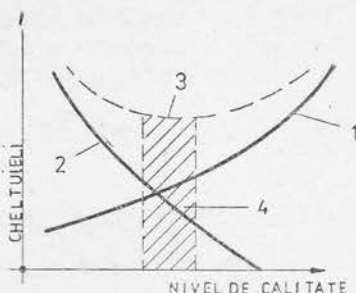


Fig. 8.5. Graficul cheltuielilor de calitate.

8.5. CREȘTEREA EFICIENȚEI ECONOMICE A UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR INDUSTRIALE

Această eficiență se poate evalua în sfera producției, în sfera exploataării (la beneficiar) și pentru întreaga economie națională.

Efectul economic în sfera fabricației se determină cu relația:

$$E_f = (C_0 - C_1) Q_1, \quad (8.2)$$

în care:

- C_0 este costul unitar al produselor de calitate anterioară;
- C_1 — costul unitar al produselor de calitate îmbunătățită;
- Q_1 — cantitatea anuală de produse de calitate îmbunătățită.

Efectul economic în sfera exploataării se determină cu relația:

$$E_e = (C'_0 - C'_1) Q'_1 \quad (8.3)$$

în care:

- C'_0 — reprezintă cheltuielile curente pe unitatea de produs înainte de îmbunătățirea calității;
- C'_1 — cheltuielile curente pe unitatea de produs după îmbunătățirea calității;
- Q'_1 — cantitatea anuală de produse de calitate îmbunătățită;

Efectul economic la nivelul economiei naționale se determină însumându-se cele două efecte, efectul economic în sfera fabricației și efectul economic în sfera exploataării cu relația:

$$E_{en}=E_f+E_e=(C_0-C_1) Q_1+(C'_0-C'_1) Q'_1. \quad (8.4)$$

8.6. SISTEMUL DE INDICATORI PENTRU CARACTERIZAREA CALITĂȚII

8.6.1. INDICATORI CARE EXPRIMĂ PONDEREA UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR DE CALITATE SUPERIOARĂ ÎN VOLUMUL TOTAL AL UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR DE ACELAȘI FEL

Pentru utilaje și instalații omogene. Se determină coeficientul mediu de calitate ($\bar{c}$) și prețul mediu ($\bar{p}$).

Coeficientul mediu de calitate ($\bar{c}$) se obține ca medie aritmetică a coeficienților pe calități (c) ponderați cu cantitatea de utilaje din diferite calități (q) cu relația:

$$\bar{c} = \frac{\sum c q}{\sum q} \quad (8.5)$$

în care:

c — este coeficientul pe calități (se consideră zero pentru calitatea I, doi pentru calitatea a II-a etc.);

q — cantitatea de utilaje din diferite clase de calitate.

Ca exemplu de calcul se consideră *tiristoarele* din tabelul 8.1, repartizate pe clase de calitate, planificate și realizate.

Tabelul 8.1

Clase de calitate planificate și realizate

Clasa de calitate	Planificat		Realizat	
	Cantitatea (bucăți)	Ponderea specifică	Cantitatea (bucăți)	Ponderea specifică
I	60 000	0,50	77 000	0,55
II	40 000	0,33	35 000	0,25
III	20 000	0,17	28 000	0,20
Total:	120 000	1,00	140 000	1,00

Coeficientul mediu de calitate realizat este:

$$\bar{C}_1 = \frac{\sum c q_1}{\sum q_1} = \frac{1 \cdot 77\,000 + 2 \cdot 35\,000 + 3 \cdot 28\,000}{77\,000 + 35\,000 + 28\,000} = \frac{231\,000}{140\,000} = 1,65.$$

Coeficientul mediu de calitate planificat este:

$$\bar{C}_0 = \frac{\Sigma c q_0}{\Sigma q_0} = \frac{1 \cdot 60\,000 + 2 \cdot 40\,000 + 3 \cdot 20\,000}{60\,000 + 40\,000 + 20\,000} = \frac{20\,000}{12\,000} = 1,67.$$

Împărțindu-se cei doi coeficienți de mai sus se obține indicele mediu de realizare a calității:

$$I_c = \frac{\bar{C}_0}{\bar{C}_1} = \frac{\Sigma c q_0}{\Sigma q_0} : \frac{\Sigma c q_1}{\Sigma q_1} \quad (8.6)$$

În cazul exemplului de mai sus se obține:

$$I_c = \frac{1,67}{1,65} = 1,012.$$

Prețul mediu al utilajului ($\bar{p}$) este un indicator utilizat pentru exprimarea calității utilajelor, la care din aceeași materie primă, se obțin clase de calitate diferite și al căror preț de vânzare în funcție de calitate. Relația de calcul este următoarea:

$$p = \frac{\Sigma q p}{\Sigma q}, \quad (8.7)$$

în care:

q — reprezintă cantitățile de utilaje din diferite clase de calitate;

p — prețurile de producție ale utilajelor din diferite clase de calitate.

Și în acest caz se poate calcula indicele prețului mediu cu relația:

$$I_p = \frac{\Sigma q_0 \cdot p}{\Sigma q_0} : \frac{\Sigma q_1 \cdot p}{\Sigma q_1} \quad (8.8)$$

Pentru utilaje sau instalații eterogene. În întreprinderile care produc mai multe tipuri de utilaje sau instalații de calitate diferite se poate stabili un indicator de calitate valoric făcându-se media coeficienților medii de calitate ai utilajelor ($\bar{c}$), ponderate cu valorile acestora. Aceasta se numește coeficient de calitate generalizat:

$$c = \frac{\Sigma \bar{c} \cdot q \cdot p}{\Sigma q \cdot p} \quad (8.9)$$

în care p este prețul unitar de producție.

Îmbunătățirea calității se stabilește cu indicele coeficientului mediu de calitate generalizat:

$$I_c = \frac{\Sigma \bar{c}_0 \cdot q_0 \cdot p}{\Sigma q_0 \cdot p} : \frac{\Sigma \bar{c}_1 \cdot q_1 \cdot p}{\Sigma q_1 \cdot p} \quad (8.10)$$

8.6.2. INDICATORII RECLAMAȚIILOR BENEFICIARILOR

Relațiile permanente dintre beneficiari și producători au o deosebită importanță pentru îmbunătățirea sistematică a calității utilajelor și instalațiilor industriale. De aceea, în întreprinderi se acordă atenția cuvenită

analizei deficiențelor calitative a acestora. Întreprinderile prelucrează sesizările primite de la beneficiari și le sintetizează într-o serie de indicatori cum sint:

- cantitatea utilajelor sau instalațiilor refuzate la recepție și reclamate în perioada de garanție;
 - valoarea utilajelor sau instalațiilor refuzate sau reclamate;
 - ponderea cantitativă și valorică a utilajelor sau instalațiilor refuzate și reclamate în totalul producției livrate;
 - pierderi din declasări calitative;
 - cheltuieli pentru remedierea produselor refuzate și reclamate.
- Acești indicatori se analizează și în dinamică.

8.6.3. INDICATORII REBUTURILOR

Din procesul de reparare pot rezulta utilaje sau instalații care nu corespund condițiilor din specificații și nu pot fi folosite conform destinației stabilite. Aceste utilaje sau instalații se consideră rebuturi, iar apariția lor constituie o deficiență în activitatea productivă, influențând negativ indicatorii activității economice ai întreprinderilor.

Indicatorii rebuturilor nu caracterizează calitatea utilajelor ca atare, ci calitatea desfășurării procesului de reparare în ansamblul său, de la activitatea de concepție-proiectare pînă la cea de execuție a tuturor operațiilor tehnologice.

Evidența rebuturilor se ține atît în expresie naturală, cit și în expresie valorică sub forma următorilor indicatori: producția rebutată; procentul de rebuturi; pierderile efective din rebutare.

CAPITOLUL 9

ANALIZA CALITĂȚII ÎN DESFĂȘURAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE PRODUCȚIE

9.1. STABILITATEA PROCESELOR DE PRODUCȚIE

Calitatea echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale se obține, așa cum s-a menționat, în procesul de producție. Pe lîngă o documentație tehnică corespunzătoare, pregătirea personalului, întreținerea corectă a parcului de utilaje etc. este necesar și un control eficient al proceselor de producție, pentru a se realiza și menține în timp o producție corespunzătoare din punct de vedere calitativ.

Controlul proceselor tehnologice și al calității producției se poate efectua în două moduri: ca un *control total* bucată cu bucată și ca un *control prin sondaj*, fundamentat pe teoria probabilităților și statistica matematică.

Accentuarea caracterului tot mai pronunțat al producției pune în evidență adesea că este neeconomic controlul total, iar uneori imposibil de realizat deoarece: necesită un mare număr de controlori și un volum foarte

ridicat al costurilor controlului; informațiile pe care le furnizează nu sînt pe măsura cheltuielilor efectuate; nu poate fi aplicat proceselor de producție continue.

Față de cele menționate, practica a relevat următoarele avantaje ale controlului prin sondaj:

- se bazează pe o riguroasă fundamentare științifică, ceea ce îi conferă proprietatea examinării unei părți din producție în generalizarea rezultatelor la întreaga masă de producție;

- controlul efectuîndu-se pe eșantioane de volum redus poate sesiza la timp abaterile parametrilor produselor fabricate de la valorile prevăzute în specificații (standarde de produs, norme interne etc.);

- permite depozitarea și înlăturarea cauzelor perturbatoare în proces, limitîndu-se astfel riscul obținerii unei producții necorespunzătoare;

- conduce la economii importante de personal și timp, care se resfrîng favorabil asupra rentabilității întreprinderii.

Se știe că în desfășurarea proceselor tehnologice au loc variații ale caracteristicilor de calitate ale utilajelor și instalațiilor fabricate, care pot genera pierderi întreprinderilor chiar dacă nu cauzează respingerea eventualelor utilaje și instalații necorespunzătoare din punct de vedere calitativ. Aceste variații se datoresc atît cauzelor întîmplătoare (aleatoare), cît și cauzelor sistematice.

Variația caracteristicilor calitative ale unui utilaj sau instalații poate fi atribuită acțiunii următorilor factori: *materiei prime și materialelor; mașinilor și utilajelor prelucrătoare inclusiv scule, dispozitive și verificatoare (SDV); mijloacelor de măsură și control (AMC); microclimatului; forței de muncă; concepției tehnologice.*

Legat de acțiunea cauzelor deficiențelor calitative, procesele tehnologice pot fi *stabile și instabile.*

Proces tehnologic stabil este acela care se află numai sub influența cauzelor de producție întîmplătoare, specifice respectivului proces.

Proces tehnologic instabil este acela la care asupra sa acționează una sau mai multe cauze de producție sistematice care determină variația unilaterală ca sens a valorilor caracteristicii.

La rîndul său, procesul tehnologic de producție stabil poate fi:

- *static stabil*, cînd valorile caracteristicii se distribuie după o lege de repartiție teoretică cunoscută;

- *dinamic stabil*, cînd valorile caracteristicii prezintă în timp aproximativ același centru de grupare și aceeași împrăștiere.

9.2. CÎMP DE ÎMPRĂȘTIERE ȘI CÎMP DE TOLERANȚE

Sub influența diferitelor cauze în procesul tehnologic de producție, caracteristica de calitate a unui utilaj sau a unei instalații variază în cadrul anumitor limite numite *limite de împrăștiere* (l_i — limita de împrăștiere inferioară și l_s — limita de împrăștiere superioară). Mărimea acestei variații, respectiv a intervalului de împrăștiere, se numește *cîmp de împrăștiere* și se definește cu relația:

$$l = l_s - l_i. \quad (9.1)$$

Prin specificații sînt stabilite limitele în interiorul cărora este permisă variația valorilor caracteristicii, astfel încît produsul să fie corespunzător

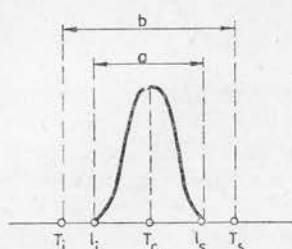


Fig. 9.1. Reprezentarea grafică a caracteristicii de calitate:

a — cîmp de împrăștiere;
 b — cîmp de toleranțe.

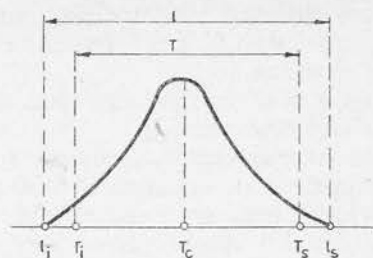


Fig. 9.2. Reprezentarea grafică a caracteristicii de calitate cu punerea în evidență a limitelor de toleranță:

l — limită de împrăștiere; T — limite de toleranță.

calitativ. Aceste limite se numesc *limite de toleranță* și se notează cu T_i — limita de toleranță inferioară și T_s — limita de toleranță superioară.

Mijlocul sau centrul cîmpului de toleranță (T_c) se determină cu relația:

$$T_c = \frac{T_i + T_s}{2} \quad (9.2)$$

Reprezentarea grafică a cîmpului de împrăștiere (a) și a celui de toleranță (b), pentru o caracteristică de calitate este indicată în figurile 9.1 și 9.2.

Reglajul și precizia. Un proces tehnologic se desfășoară normal și poate fi controlat statistic cînd corespunde atât ca reglaj cît și ca precizie.

Reglarea unui utilaj sau instalații se caracterizează prin poziția cîmpului de împrăștiere a valorilor caracteristicii, exprimată prin centrul de grupare al repartiției. Utilajul sau instalația se consideră reglate cînd centrul cîmpului de împrăștiere (centrul de grupare) al valorilor caracteristicii de calitate este aproximativ egal cu centrul cîmpului de toleranță.

Pentru aprecierea reglării se utilizează mai mulți parametri statistici și anume: *media* $\bar{x}$, *mediana* M_e , *modul* M_o (valoarea dominantă a caracteristicii) etc.

Precizia unui utilaj sau instalație se caracterizează prin mărimea cîmpului de împrăștiere și se consideră corespunzătoare cînd mărimea acestuia nu depășește pe cea a cîmpului de toleranță. Precizia se exprimă cu ajutorul parametrilor de împrăștiere și anume: *abaterea medie pătratică* (abaterea standard) τ *amplitudinea valorilor caracteristicii* R ($R = x_{\max} - x_{\min}$, în care $x_{\max}$ reprezintă valoarea maximă iar $x_{\min}$ valoarea minimă a șirului de valori pe care îl ia caracteristica x), *abaterea medie absolută a valorilor caracteristicii* A_m , *coeficientul de variație* C_v etc.

Cînd cîmpul de împrăștiere este mai mic decît cîmpul de toleranță, indiferent dacă centrul de grupare coincide sau nu cu centrul cîmpului de toleranță, atunci procesul tehnologic de producție se află sub control sau este controlabil din punct de vedere statistic.

Principalele stări ale unui proces de reparație atât din punctul de vedere al reglării, cît și din punctul de vedere al preciziei sînt următoarele (fig. 9.3):

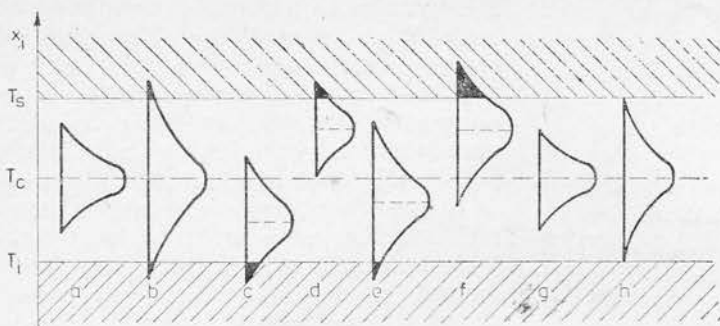


Fig. 9.3. Principalele stări ale unui proces de reparare:

a — proces de reparare corespunzător ca reglare și precizie; b — proces de reparare corespunzător ca reglare dar necorespunzător ca precizie; c, d — procese de reparare necorespunzătoare cu reglare dar corespunzătoare ca precizie; e, f — procese de reparare necorespunzătoare ca reglare și ca precizie; g — proces de reparare avînd cîmpul de împrăștiere mai mic decît cîmpul de toleranță.

a) Proces de reparare corespunzător atît ca reglare cît și ca precizie ca în cazul figurii 9.3, a, cînd centrul de grupare corespunde cu centrul cîmpului de toleranță, iar cîmpul de împrăștiere este mai mic decît cîmpul de toleranță. În acest caz se obțin produse conform specificațiilor tehnice.

b) Proces de reparare corespunzător ca reglare, însă necorespunzător ca precizie, ca în cazul din figura 9.3, b, cînd centrul de grupare corespunde cu centrul cîmpului de toleranță însă cîmpul de împrăștiere depășește cîmpul de toleranță. În acest caz se obțin rebuturi.

c) Proces de reparare necorespunzător ca reglare, însă corespunzător ca precizie, ca în cazul figurilor 9.3, c și 9.3, d, cînd centrul de grupare este deplasat spre limitele de toleranță inferioară respectiv superioară, iar cîmpul de împrăștiere este mai mic decît cîmpul de toleranță. În acest caz se obțin de asemenea rebuturi.

d) Proces de reparare necorespunzător atît ca reglare cît și ca precizie, ca în cazul figurilor 9.3, e, 9.3, f, cînd centrul de grupare este deplasat spre limita de toleranță inferioară respectiv superioară, iar cîmpul de împrăștiere depășește cîmpul de toleranță. Și în această situație se obțin rebuturi.

e) Proces de reparare care se desfășoară conform figurii 9.3, g, al cărui cîmp de împrăștiere este cu mult mai mic decît cel de toleranță. În acest caz se poate înregistra o pierdere de capacitate întrucît utilajele posedă o precizie foarte mare.

9.3. CAPABILITATEA PROCESELOR TEHNOLOGICE

Capabilitatea unui proces tehnologic constituie o măsură a preciziei sau uniformității cu care acesta realizează caracteristicile de calitate ale unui produs.

Din analiza tipului de proces tehnologic conform figurii 9.3, g, se desprinde necesitatea efectuării, de către specialiști, a unor studii referitoare

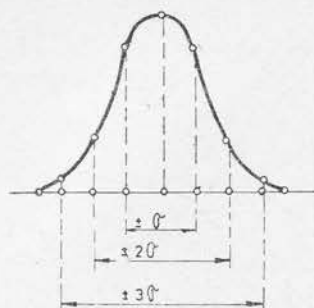


Fig. 9.4. Diagrama celor 3σ .

la repartizarea sarcinilor pe mașini și operații, astfel încât pe agregate cu precizie ridicată să nu se execute operații care solicită o precizie redusă și invers. Pentru aprecierea performanțelor utilajelor de a realiza o încadrare corespunzătoare a cîmpului de împrăștiere în cîmpul de toleranță adică, a capabilității utilajului, se utilizează intervalul de împrăștiere al caracteristicii $K\tau$, care se ia de regulă egal cu 6τ (corespunzător valorii $\pm 3\tau$). Din date statistice rezultă că în intervalul $\pm 3\tau$ sînt cuprinse 99,8% din valorile înregistrate într-o observare, în intervalul $\pm 2\tau$ aproximativ 95%, iar în intervalul $\pm \tau$ numai 68% din valorile înregistrate (fig. 9.4).

În exemplul ilustrat în figura 9.4:

- în intervalul $\pm 3\tau$ sînt cuprinse 99,8% din valorile înregistrate într-o observare;
- în intervalul $\pm 2\tau$ sînt cuprinse 95% din valorile înregistrate într-o observare;
- în intervalul $\pm \tau$ sînt cuprinse numai 68% din valorile înregistrate într-o observare.

Ca indicator sintetic al capacității se utilizează coeficientul

$$C = \frac{6\sigma}{T_c}, \quad (9.3)$$

în care T_c este centrul cîmpului de toleranță. Indicatorul capabilității se consideră corespunzător dacă se situează în intervalul 0,6—0,8.

Pentru aplicarea controlului statistic al calității și verificarea stabilității unui proces tehnologic este necesară efectuarea unei analize premergătoare pe un număr de produs $N=100-300$ exemplare, utilizîndu-și două metode:

- metoda sondajelor de volum mare;
- metoda sondajelor de volum redus (metoda probelor curente).

Referitor la caracteristica ce urmează să fie controlată precizăm că, întrucît calitatea unui utilaj este asigurată de mai multe caracteristici de calitate, iar metodele statistice de control sînt, în general, aplicabile pentru supravegherea unei singure caracteristici calitative se determină cu ajutorul diagramei PARETO; se determină caracteristica ce ocupă ponderea cea mai ridicată în totalul deficiențelor. La această caracteristică se va introduce, în prealabil, controlul statistic.

Ca exemplu, în legătură cu natura defectelor unei serii unitare de electromotoare a rezultat diagramele PARETO din figura 9.5 (diagrama „Pareto” a căderilor electromotoarelor la standul final) și din figura 9.6 (diagrama „Pareto” a cauzelor defectului „frecării și bătăii interioare”).

Defectul major „frecări și bătăii interioare” are la rîndul său în fig. 9.5, ponderea cea mai mare și anume de 42%.

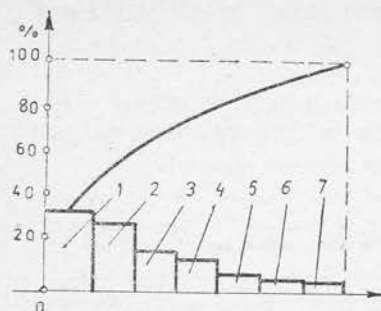


Fig. 9.5. Diagramă a căderilor de tip „Pareto“, a unui electro-motor:

1 — frecări și bătăi interioare; 2 — funcționare forțată a electromotorului; 3 — străpungeri de izolație față de masă; 4 — diverse defecte mecanice; 5 — diverse defecte electrice; 6 — străpungeri ale izolației între spire; 7 — alte defecte.

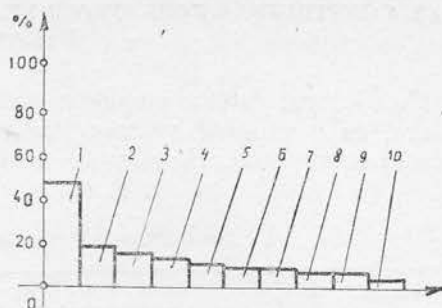


Fig. 9.6. Diagramă a căderilor de tip „Pareto“ a defectelor de frecări și bătăi interioare a unui electromotor:

1 — frecări și bătăi interioare; 2 — funcționare forțată; 3 — străpungeri de izolație față de masă; 4 — diametru necorespunzător al pachetului statoric; 5 — aglomerări de la impregnare; 6 — nerespectarea cotelor umărului de asamblare al scutului; 7 — existența șpanului în interiorul statorului; 8 — montare incorectă a pleșelor de bobinaj; 9 — lipsă de acuratețe în atelierul de montaj; 10 — conexiuni interfațice defectuoase.

9.4. METODA SONDAJELOR DE VOLUM MARE

9.4.1. DATE INTRODUCTIVE

Aplicarea acestei metode necesită prelevarea, în ordinea fabricației și în mod continuu, a unui număr de 100—300 exemplare dintr-un anumit produs și se măsoară caracteristica cercetată. Rezultatele măsurătorilor se înregistrează în ordinea prelevării într-o fișă de observație. Pe această fișă sînt trecute și date de identificare ca: secția, mașina, produsul, caracteristica cercetată, data cercetării, aparatul de măsurat și precizia conform modelului de mai jos.

FIȘĂ DE OBSERVARE NR. 1

Întreprinderea: Electroputere

Secția: transformatoare

Produsul: sîrmă de bobinaj

Caracteristica cercetată:

D_{ext} 6 $+0,005$
 $-0,085$

Aparatul de măsurat: micrometru

Precizia de măsurare: 0,005

În cuprinsul fișei de observație se trec valorile măsurate ale caracteristicii, respectiv în cazul nostru diametrul sîrmei de bobinaj pentru transformatoare electrice. Numărul n de produse (sîrme de bobinaj) care alcătuiesc eșantionul și cărora li se măsoară diametrul se poate determina cu o anumită valoare a erorii limită ($\Delta\bar{x}$).

9.4.2. CONSTRUIREA REPARTIȚIEI STATISTICE (EXPERIMENTALE). CALCULUL PARAMETRIILOR

Cu ajutorul datelor omogene prelevate din măsurători, în ordine crescătoare, cu o anumită valoare limită (Δx) se alcătuiește repartiția statistică conform tabelului 9.1.

Tabelul 9.1

Diametre măsurate și frecvențe de apariție a acestora

Valoarea caracteristicii	Frecvența absolută	Frecvența absolută cumulată	Frecvența relativă	Frecvența relativă cumulată
3,920	/	1	0,0067	0,0067
3,930	/	1	0,0067	0,0134
3,935	///	4	0,0267	0,0401
3,940	///	4	0,0267	0,0668
3,945	/// /// /	11	0,0733	0,1401
3,950	/// ///	10	0,0667	0,2068
3,955	/// /// /// /// //	22	0,1466	0,3534
3,960	/// /// /// /// //	27	0,1800	0,5334
3,965	/// /// /// ///	18	0,1200	0,6534
3,970	/// /// /// ///	20	0,1333	0,7867
3,975	/// ///	9	0,0600	0,8467
3,980	/// /// ///	13	0,0866	0,9333
3,985	///	3	0,0200	0,9533
3,990	///	5	0,0333	0,9866
3,995	/	1	0,0067	0,9933
4,000	/	1	0,0067	1,000
TOTAL		150	—	—

Pentru a se pune în evidență tendința de grupare a datelor măsurate, în jurul unei anumite valori, se utilizează gruparea observațiilor în clase. Mărimea intervalului de grupare (în cazul când se utilizează intervale egale) se determină cu relația lui H. A. Sturges:

$$a = \frac{X_{max} - X_{min}}{1 + 3,322 \log n}, \quad (9.4)$$

în care:

- a — reprezintă mărimea intervalului;
- x_{min} , x_{max} — valoarea minimă respectiv valoarea maximă;
- n — numărul total al observațiilor.

Ținându-se seamă ca în exemplul dat numărul total al observațiilor $n=150$, rezultă că:

$$a = \frac{4,000 - 3,920}{1 + 3,322 \log 150} = 0,0097 \approx 0,010. \quad (9.5)$$

Limitele intervalului caracteristicii și numărul de apariție a acestuia (n)

Nr. crt.	Limitele intervalului	n_i	$\frac{x_i - c}{a}$	$x_i^1 n_i$	$x_i^2 n_i$
1	3,915—3,925	1	-4	-4	16
2	3,925—3,935	5	-3	-15	45
3	3,935—3,945	15	-2	-30	60
4	3,945—3,955	32	-1	-32	32
5	3,955—3,965	45	0	0	0
6	3,965—3,975	29	1	29	29
7	3,975—3,985	16	2	32	64
8	3,985—3,995	6	3	18	54
9	3,995—4,000	1	4	4	16
	TOTAL	150	—	2	316

iar dispersia:

$$\sigma^2 = 0,01^2 \left[\frac{316 - \frac{4}{150}}{150 - 1} \right] = 0,000212. \quad (9.10)$$

Din relația (9.10) rezultă abaterea medie pătratică:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{0,000212} = 0,0145. \quad (9.11)$$

Se precizează că, pentru a se obține o reprezentare cât mai fidelă a desfășurării procesului de producție, se recomandă ca studiul statistic să se repete de 2—3 ori.

9.4.3. TESTAREA CONCORDANȚEI DINTRE REPARTIȚIA EXPERIMENTALĂ ȘI REPARTIȚIA TEORETICĂ

Caracteristicile de calitate ale produselor sînt variabile aleatoare care urmează o anumită lege de repartiție și care se stabilesc pe baza funcției de repartiție experimentale obținute în urma cercetărilor statistice efectuate. Așadar, inițial se admite o anumită ipoteză, însă se dă o hotărîre definitivă numai după ce se verifică această ipoteză cu ajutorul unui *test*.

Testul analitic propriu-zis este precedat de reprezentarea grafică a repartiției experimentale, prin *histograma frecvențelor absolute și relative* (fig. 9.7) sau *curba frecvențelor absolute și relative cumulate* (fig. 9.8). Cu acest prilej se pune în evidență caracterul variației și trăsăturile fundamentale ale repartiției (în cazul exemplului dat este ipoteza de timp normal).

Ca teste analitice pentru verificarea concordanței se utilizează: testul χ^2 , testul KOLMOGOROV-SMIRNOV, testul MASSEY etc.

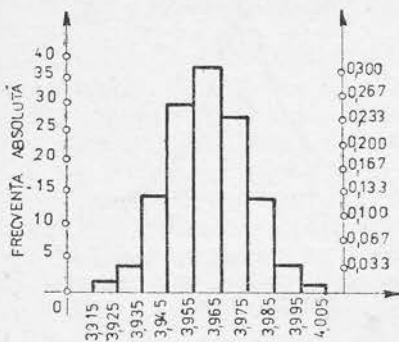


Fig. 9.7. Histograma frecvențelor absolute și relative.

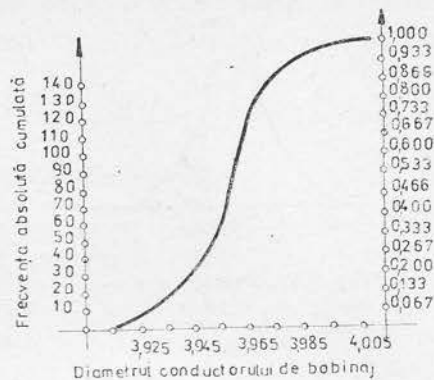


Fig. 9.8. Curba frecvențelor absolute și relative cumulate.

Textul χ^2 (hi pătrat). Se presupune că datele unui sondaj de mărime n au fost repartizate în K grupe având frecvențele $n_1, n_2, \dots, n_k$, iar probabilitățile ca valorile observate să aparțină grupelor respective sînt: $p_1, p_2, \dots, p_k$ adică:

$$\begin{pmatrix} n_1, n_2, \dots, n_i, \dots, n_k \\ p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_k \end{pmatrix} \quad (9.12)$$

cu relațiile evidente

$$\left. \begin{aligned} n_1 + n_2 + \dots + n_k &= \sum_{i=1}^k n_i = n \\ p_1 + p_2 + \dots + p_k &= \sum_{i=1}^k p_i = 1 \end{aligned} \right\} \quad (9.13)$$

Mărimea χ^2 se determină cu relația:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i} \quad (9.14)$$

și are o repartitie χ^2 cu $(K-1)$ grade de libertate (K reprezintă numărul intervalelor de grupare).

Întrucît parametrii teoretici ai populației generale sînt estimați pe baza datelor de sondaj, atunci probabilitățile p_i vor fi de asemenea estimați și depind de datele sondajului. Abaterile $(n_i - np_i)$, adică abaterile dintre frecvențele experimentale și cele teoretice sînt unite printr-un număr de legături liniare $(r+1)$, care depinde de numărul parametrilor estimați (r) pe baza valorilor observate.

În acest caz, numărul gradelor de libertate devine:

$$l = K - (r + 1) \quad (9.15).$$

Testul χ^2 se poate aplica atît reparațiilor de tip continuu cît și celor de tip discret, sub două forme:

— cazul cînd se testează ipoteza normalității repartitiei;

— cazul cînd se testează ipoteza nulă, iar repartitia urmează o lege Poisson.

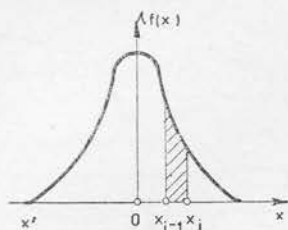


Fig. 9.9. Repartiția normală a caracteristicii unui utilaj electromecanic.

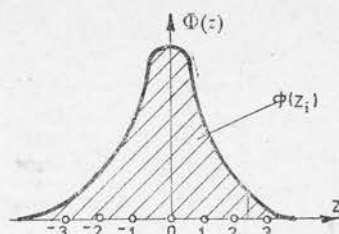


Fig. 9.10. Repartiția Laplace a caracteristicii unui utilaj electromecanic.

Cazul când se testează ipoteza normală a repartiției. Probabilitatea p_i ca mărimea caracteristicii să aibă o valoare cuprinsă în intervalul i (aria hașurată din figura 9.9), se determină cu relația:

$$p_i = F(x_i) - F(x_{i-1}) \quad (9.16)$$

în care $F(x)$ este funcția de repartiție corespunzătoare repartiției normale $N(m, \sigma^2)$.
adică:

$$F(x) = P(X < x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp. \left[-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2} \right] dt \quad (9.17)$$

Între funcția de repartiție $F(x)$ și funcția Laplace (reprezentată în figura 9.10).

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z \exp. \left[-\frac{u^2}{2} \right] du \quad (9.18)$$

ale cărei valori sînt indicate în *tabelele de calcul specializate*, există relația:

$$F(x) = \Phi \left(\frac{x-m}{\sigma} \right) = \Phi(z), \quad (9.19)$$

în care:

$$z = \frac{x-m}{\sigma}. \quad (9.20)$$

Ținîndu-se seamă de schimbarea de variabilă din relația (9.19), expresia (9.16) devine:

$$p_i = \Phi(z_i) - \Phi(z_{i-1}). \quad (9.21)$$

De la această regulă fac excepție probabilitățile corespunzătoare primului și ultimului interval, respectiv p_1 și p_k . Probabilitatea pentru primul interval se determină cu relația:

$$p_1 = P\{-\infty < X \leq x_1\} = F(x_1) - F(-\infty) = F(x_1) = \Phi \left(\frac{x_1 - \bar{x}}{\sigma} \right) = \Phi(z_1) \quad (9.22)$$

considerîndu-se drept limită inferioară a primului interval $-\infty$.

Probabilitatea pentru ultimul interval se determină cu relația:

$$p_k = P\{x_k \leq X < +\infty\} = F(+\infty) - F(x_k) = 1 - F(x_k) = 1 - \Phi(z_k), \quad (9.23)$$

considerându-se drept limită superioară a ultimului interval $+\infty$. Pentru ca testul χ^2 să poată fi aplicat este necesar ca repartitia experimentală să îndeplinească următoarele condiții:

- numărul unităților ce compun sondajul să fie $n \geq 50$;
- numărul intervalelor de grupare să fie minimum 5;
- frecvența minimă a unui interval să fie de cel puțin 5 unități;

în caz contrariu se vor grupa două sau mai multe intervale.

După determinarea χ^2 cu relația (9.14) se extrage din tabele valoarea χ^2 , care corespunde unui anumit nivel de semnificație α ales și numărului gradelor de libertate $l = K - (r + 1)$.

Interpretarea rezultatelor se face astfel:

- dacă valoarea χ^2 calculată nu depășește valoarea tabelară $\chi_{\alpha, l}^2$, se acceptă ipoteza nulă, adică între repartitia experimentală și repartitia teoretică normală există concordanță;
- dacă valoarea χ calculat $> \chi_{\alpha, l}^2$ se respinge ipoteza făcută și se trage concluzia că repartitia experimentală nu urmează legea teoretică presupusă inițial (în cazul nostru cea normală).

Aplicație. Modul de testare a concordanței se va prezenta în tabelul 9.4, pe baza repartiției statistice a diametrului conductorului de bobinaj $\varnothing 4$ mm cu abaterea superioară $+0,05$, iar abaterea inferioară $-0,085$ mm ($4 \pm_{0,085}^{0,05}$ mm).

Primele două intervale și ultimele două intervale din tabelul 9.4, au fost contopite, obținându-se intervalele $(-\infty, 3,925)$ și $(3,995, \infty)$ cu frecvențe 6 și respectiv 7.

Pentru nivelul de semnificație $\alpha = 0,05$ și 4 grade de libertate se obține din tabele $\chi_{0,05,4}^2 = 9,49$.

Intrucât valoarea χ^2 calculată este mai mică decât cea tabelară, adică $0,993 < 9,49$ se admite ipoteza că între repartitia statistică și cea teoretică există concordanță.

Deci, caracteristica investigată urmează o lege nouă.

Cazul cînd se testează ipoteza nulă iar repartitia urmează o lege Poisson.

Funcția de frecvență pentru o repartitie Poisson are expresia:

$$f(x) = p_i = \frac{\lambda^i}{i!} e^{-\lambda}, \quad i = 0, 1, 2 \dots \quad (9.24)$$

unde λ reprezintă atât media cît și dispersia legii Poisson.

Calculule se fac cu ajutorul formulei de recurență

$$p_{i+1} = \frac{(i+1)!}{\lambda} p_i \quad (9.25)$$

Aplicație. Cercetîndu-se numărul ruperilor de fire de cupru la o mașină de bobinat conductoare electrice, avînd 224 de căi de bobinaj (n_i), se obțin datele din tabelul 9.5. Firul se poate rupe la fiecare rotație a bobinajului care are o turație de circa 32000 rot/mit. Se constată că la un bobinaj firul de cupru s-a rupt de cel mult 5 ori. Aceasta ne permite să presupunem că numărul ruperilor urmează legea Poisson. Vom testa această ipoteză cu ajutorul criteriului χ^2 .

Se calculează mai întîi media:

$$\lambda = \bar{x} = \frac{\sum x_i n_i}{\sum n_i} = \frac{194}{224} = 0,866. \quad (9.26)$$

Repartiția numărului ruperilor de fire de cupru la o mașină de bobinat

Nr. ruperilor	Nr. căi (n_i)	$x_i \cdot n_i$	p_i	$n \cdot p_i$	$n_i - n \cdot p_i$	$(n_i - n \cdot p_i)^2$	$\frac{(n_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i}$
0	92	0	0,42063	94,2	-2,2	4,84	0,05
1	86	86	0,36427	81,2	4,4	19,36	0,24
2	34	68	0,16773	35,3	-1,3	1,69	0,05
3	9	27	0,04553	10,2	-1,2	1,44	0,14
4	2	8	0,00987	2,2	-0,2	0,04	0,02
5	1	5	0,00171	0,4	0,6	0,36	0,90
6	0	0	0,00025	0,1	-0,1	0,01	0,10
7	0	0	0,00002	0,0	0,0	0,00	0,00
Total:	224	194	1,00000	224,0	—	—	1,50

Pentru $x=0$, conform relației (9.24) se obține:

$$p_0 = \frac{0,866}{0!} e^{-0,866} = 0,42063. \quad (9.27)$$

Pentru $x=1$, conform relației (9.25) se obține:

$$p_1 = \frac{0,866}{1!} p_0 = \frac{0,866}{1!} 0,42063 = 0,36427. \quad (9.28)$$

și așa mai departe (a se vedea coloana p_i din tabelul 9.5).

Din calcul rezultă că $\chi^2=1,50$. Corespunzător unui nivel de semnificație $\alpha=0,05$ și numărul gradelor de libertate $l=8-(1+1)=6$ se obține din tabelele $\chi^2_{0,05;6}=12,6$. Întrucât $1,50 \leq 12,6$ se trage concluzia că numărul de ruperi a firului de cupru este o variabilă aleatoare de tip Poisson.

9.5. METODA SONDAJELOR DE VOLUM REDUS

9.5.1. DATE INTRODUCTIVE

Această metodă este cunoscută și sub denumirea de *metoda probelor curente*. Ea se aplică atunci când:

- procesul de reparație, necesită luarea unui număr prea mare de probe care l-ar împiedica să se desfășoare normal;
- procesul de reparație are un randament foarte ridicat;
- determinarea valorilor caracteristicii este dificilă.

În acest scop, la intervale determinate de timp, din producția mașinii se ridică și probe (sondaje), conținând un număr egal de exemplare n . Extragerea se oprește în momentul când numărul total al exemplarelor este $n \cdot r = N$.

În practica curentă se ia:

- volumul probelor cuprins între 4 și 10 pentru caracteristici măsurabile și între 20 și 60 pentru caracteristici atributive;
- numărul probelor (sondajelor) se ia circa 25.

Intervalul de timp dintre probe depinde de ritmul producției și de particularitățile procesului tehnologic.

Pentru fiecare sondaj se determină $\bar{x}$, depresia respectiv abaterea medie pătratică σ , amplitudinea împrăștierei R , precum și alți parametri statistici.

Abaterea medie pătrată σ se poate determina și cu relația

$$\sigma = \frac{M |R|}{a_n} = \frac{\bar{R}}{a_n} \quad (9.29)$$

în care a_n este media raportului dintre amplitudine și abaterea medie pătratică:

$$a_n = M \left[\frac{R}{\sigma} \right] \quad (9.30)$$

9.5.2. VERIFICAREA OMOGENITĂȚII DISPERSIILOR DE SONDAJ

În acest caz se poate aplica cu eficiență testul χ^2 . Pe baza datelor celor r probe, compuse din $n_1, n_2, \dots, n_r$ unități se calculează dispersiile de sondaj $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_r^2$ și dispersia generală σ^2 .

Se pot calcula apoi r variabile aleatoare:

$$x_1^2 = \frac{\sigma_1^2 \cdot l_1}{\sigma^2}; \quad x_2^2 = \frac{\sigma_2^2 \cdot l_2}{\sigma^2}, \dots, \quad x_r^2 = \frac{\sigma_r^2 \cdot l_r}{\sigma^2} \quad (9.31)$$

care au o repartiție χ^2 , cu $l_1, l_2, \dots, l_r$ grade de libertate, unde $l_1 = n_1 - 1$; $l_2 = n_2 - 1 \dots l_r = n_r - 1$. (9.32)

Valorile χ^2 determinate cu ajutorul relației (9.31) se compară apoi cu valoarea $\chi^2_{(\alpha, n)}$ din tabele corespunzătoare nivelului de semnificație α și numărul gradelor de libertate l . Dispersiile cărora le corespund o valoare χ^2 care depășește valoarea $\chi_{(\alpha, n)}$ se consideră ca nefiind estimatie a dispersiei generale σ^2 și se elimină.

Dispersia generală σ^2 se determină cu relația:

$$\sigma^2 = \frac{\sum \sigma_i^2}{r}$$

Ca exemplu se consideră caracteristica de calitate „rezistența la rupere” a 250 epruvete de sîrmă de cupru prelevate din 25 de loturi (10 epruvete de fiecare lot), iar datele obținute se înscriu în tabelul 9.6.

Corespunzător datelor din tabelul 9.6, dispersia cea mai mare este cea corespunzătoare lotului 18, cu $\sigma_{18} = 6,87$ deci

$$x_{18}^2 = \frac{6,87 \cdot 9}{2,17} = 28,5 \quad (9.33)$$

cu relația:

$$\sigma^2 = \frac{\sum \sigma_i^2}{r} = \frac{54,24}{25} = 2,17 \quad (9.34)$$

Date privind dispersiile șarjelor epruvetelor rupte

Nr. șarjei	$\bar{x}_i$	σ_i^2	Nr. șarjei	$\bar{x}_i$	σ_i^2
1	44,35	0,32	14	42,18	0,93
2	42,43	2,26	15	43,87	2,11
3	43,88	1,99	16	39,47	2,88
4	40,45	0,56	17	43,20	2,95
5	38,65	2,90	18	41,93	6,87
6	41,75	0,36	19	42,53	0,77
7	42,33	1,55	20	42,37	1,90
8	41,03	4,48	21	44,67	2,91
9	41,93	0,88	22	39,77	4,87
10	43,40	1,03	23	43,42	1,76
11	12,58	0,68	24	41,20	2,19
12	42,78	0,79	25	42,68	2,25
13	39,58	0,89			

Conform nivelului de semnificație $\alpha=0,05$ și numărului gradelor de libertate $l=9$, din tabele rezultă $\chi_{0,05;9}^2=16,9$. Întrucît $\chi_{calc.}=\chi_{18}^2 > \chi_{tab.}^2$, adică $28,5 > 16,9$, se trage concluzia că dispersia unui lot diferă semnificativ de a celorlalte loturi și în consecință trebuie eliminată din calculul dispersiei generale.

Dispersia cea mai mare care a rămas este cea corespunzătoare lotului 22 respectiv $\sigma_{22}^2=5,87$, deci: $\chi_{22}^2 = \frac{5,87 \cdot 9}{1,97} = 26,8$, unde 1,97 este dispersia generală obținută după eliminarea din calcul a dispersiei lotului 18.

Deoarece $26,8 > 16,9$, se elimină din calcul și dispersia σ_{22}^2 . Se mai elimină din calcul și dispersia lotului 8, $\sigma_8^2=4,48$, astfel încît pentru calculul dispersiei generale rămîn numai 22 loturi a căror dispersie este 1,66.

9.5.3. VERIFICAREA OMOGENITĂȚII MEDIILOR DE SONDAJ

În acest scop se pot aplica două teste: testul DIXON și testul LINK și WALLACE.

Testul Dixon. Pentru fiecare sondaj (probă) se calculează media, iar mediile de sondaj astfel calculate se ordonează crescător astfel:

$$m_1 < m_2 < m_3 \dots < M_3 < M_2 < M_1, \quad (9.35)$$

unde:

$m_1, m_2, m_3 \dots$ reprezintă mediile de sondaj cu valorile cele mai mici;
 $M_1, M_2, M_3 \dots$ valorile de sondaj cu valorile cele mai mari.

Se calculează apoi rapoartele r_H pentru cea mai mică medie, cît și pentru cea mai mare conform tabelului 9.7.

Calculul rapoartelor pentru cea mai mică medie

Raport	Testul pentru cea mai mică medie	Testul pentru cea mai mare medie
r_{10}	$\frac{m_2 - m_1}{M_1 - m_1}$	$\frac{M_1 - M_2}{M_1 - m_1}$
r_{11}	$\frac{m_2 - m_1}{M_2 - m_1}$	$\frac{M_1 - M_2}{M_1 - m_2}$
r_{12}	$\frac{m_2 - m_1}{M_3 - m_1}$	$\frac{M_1 - M_2}{M_1 - m_3}$
r_{20}	$\frac{m_3 - m_1}{M_1 - m_1}$	$\frac{M_1 - M_3}{M_1 - m_1}$
r_{21}	$\frac{m_3 - m_1}{M_2 - m_1}$	$\frac{M_1 - M_3}{M_1 - m_2}$
r_{22}	$\frac{m_3 - m_1}{M - M_{13}}$	$\frac{M_1 - M_3}{M_1 - m_3}$

Aceste rapoarte se compară cu cele teoretice, conform tabelului 9.8, din Norma Franceză NF X 06—041—Martie 1970.

În cazul în care raportul calculat depășește valoarea rezultată din tabele se trage concluzia că media de sondaj (cea mai mică sau cea mai mare) diferă semnificativ, iar sondajul se elimină ca necorespunzător. După eliminarea unui sondaj se repetă procedeul pentru eliminarea (dacă este cazul) a sondajului următor.

Aplicație. Utilizându-se datele din tabelul 9.6, să se verifice dacă probele sau sondajele rămase sînt omogene din punctul de vedere al mediei.

Se observă că cea mai mică medie de sondaj este $\bar{x}_5 = 38,65$, iar cea mai mare este $\bar{x}_{21} = 44,67$. Deci:

$$r_{10} = \frac{39,47 - 38,65}{44,67 - 38,65} = 0,12 \text{ respectiv } r_{10} = \frac{44,67 - 44,35}{44,67 - 38,65} = 0,05.$$

Din tabelul 9.8 pentru 22 probe (sondaje) rămase se obțin $r_{10} = 0,411$. Cum $0,12 \leq 0,411$ respectiv $0,05 \leq 0,411$ cu o probabilitate de 99% se poate menționa că atât cea mai mică medie de sondaj $\bar{x}_5$, cît și cea mai mare $\bar{x}_{21}$ nu diferă semnificativ de celelalte. Rezultă că:

$$\bar{x} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^{22} x_i = \frac{929,60}{22} = 42,45. \quad (9.36)$$

Testul Link și Wallace. Acesta este un test rapid pentru analiza dispersională și comparații multiple ale valorilor medii, care presupune repartiții aproximativ normale, egalitatea dispersiilor și eșantioanelor de aceeași mărime n .

Ipoteza nulă $m_1=m_2=\dots=m_i=\dots=m_r$ se acceptă dacă

$$\frac{n \cdot R(\bar{x}_i)}{\Sigma R_i} \leq K \quad (9.37)$$

unde: $R(\bar{x}_i)$ este amplitudinea valorilor medii;

R_i — amplitudinea probelor (laturilor)

Valoarea critică K se ia din tabele în funcție de n și r dați și pentru $\alpha=0,05$ respectiv $\alpha=0,01$.

Comparațiile multiple ale valorilor medii cu diferența între valorile medii $D(\bar{x}_i)$ sînt semnificative dacă

$$D(\bar{x}_i) > \frac{K \Sigma R_i}{n} \quad (9.38)$$

Aplicație. Pentru a se caracteriza rezistența electrică a unui conductor electric din aluminiu s-au efectuat cîte 10 măsurări obținîndu-se rezultatele din tabelul 9.9.

Tabelul 9.9

Rezultatele măsurărilor pe loturi a rezistenței ohmice liniare

Nr. crt.	Rezultatele măsurărilor pe loturi (Ω/m)				
	Lotul 1	Lotul 2	Lotul 3	Lotul 4	Lotul 5
1	60,5	62,0	64,1	61,9	64,3
2	61,4	60,5	63,9	61,6	65,9
3	61,0	62,3	64,5	62,3	66,0
4	60,7	61,4	66,0	61,3	64,2
5	60,8	61,8	65,2	61,5	65,3
6	61,3	60,7	64,8	62,8	66,2
7	60,8	62,1	65,0	61,6	65,9
8	60,3	62,6	64,4	61,9	66,1
9	59,7	61,8	64,9	62,0	64,7
10	60,8	62,4	65,3	62,9	65,0
Σx_i	607,3	617,6	648,1	619,8	653,3
x_i	60,73	61,76	64,81	61,98	65,33
R_i	1,7	2,1	2,1	1,6	2,8

Se calculează mai întii, diferența între valorile medii:

$$R(\bar{x}_i) = 65,33 - 60,73 = 4,60.$$

Apoi, $\Sigma R_i = 1,7 + 2,1 + 2,1 + 1,6 + 2,0 = 9,5$.

Conform relației (9.37)

Se obține:

$$\frac{n \cdot R(\bar{x}_i)}{\Sigma R_i} = \frac{10 \cdot 4,60}{9,5} = 4,83.$$

Pentru $n=10$, $r=5$ și $\alpha=0,05$ din tabele rezultă $k=0,83$. Întrucît $4,08 \geq 0,83$ se respinge ipoteza cu privire la egalitatea mediilor. Se întocmește, în continuare, triunghiul diferențelor valorilor medii:

	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	$\bar{x}_3$	$\bar{x}_4$	$\bar{x}_5$
$\bar{x}_5$	4,60	3,57	0,52	3,35	
$\bar{x}_4$	1,25	0,22	-2,83		
$\bar{x}_3$	4,08	3,05			
$\bar{x}_2$	1,03				
$\bar{x}_1$					

Se calculează:

$$\frac{K \Sigma R_i}{n} = \frac{0,83 \cdot 9,5}{10} = 0,79.$$

Triunghiul diferențelor arată că numai ipotezele $\bar{x}_5 = \bar{x}_3$ și $\bar{x}_4 = \bar{x}_2$ nu se resping, deoarece diferențele mediilor 0,52 respectiv 0,22 sînt mai mici decît 0,79.

Precizăm că acest test este mult mai sever decît testul DIXON și este recomandabil pentru cazurile în care se urmărește o testare mai riguroasă a ipotezelor.

9.5.4. STABILIREA LEGII DE REPARTIȚIE A CARACTERISTICII DE CALITATE

Ca și în cazul sondajului de volum mare, se pune problema stabilirii pentru sondajele de volum redus, care s-au dovedit a fi omogene din punct de vedere al mediei și al dispersiei, legea de repartitiie a caracteristicii de calitate supusă controlului.

Verificarea repartitiiei normale pentru eșantioanele de volum mic se poate face cu mai multe teste: KOLMOGOROV—SMIRNOV, testul MASSEY, testul SARKADI.

Deoarece testul KOLMOGOROV—SMIRNOV necesită calcule laborioase iar testul SARKADI se utilizează mai rar, testul MASSEY este cel mai utilizat, mai ales în cazurile în care loturile au volumul $n=10 \dots 30$. Se calculează, de obicei cu variabile normate $z_i = \frac{X_i - \bar{x}}{\sigma}$ și cu diferențele:

$$d = [F_n(x_i) - \Phi(z_i)] \quad (9.39)$$

în care $F_n(x_i)$ este funcția empirică de repartitiie a caracteristicii iar:

$$\Phi(z_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z \exp. \left(-\frac{u^2}{2} \right) du \quad (9.40)$$

Ipoteza nulă H_0 cu privire la normalitatea repartitiiei se acceptă dacă diferența $d_{\max} < d_{\text{tab}}$, unde d_{tab} se extrage din tabelul 9.10.

Tabelul 9.10

Date necesare pentru verificarea ipotezei nule H_0

n	α		n	α	
	0,05	0,10		0,05	0,10
8	0,140	0,163	20	0,117	0,133
9	0,134	0,158	21	0,115	0,131
10	0,130	0,156	22	0,113	0,129
11	0,129	0,155	23	0,112	0,128
12	0,128	0,154	24	0,110	0,126
13	0,128	0,153	25	0,109	0,124
14	0,128	0,151	26	0,108	0,121
15	0,127	0,148	27	0,107	0,120
16	0,126	0,144	28	0,105	0,118
17	0,124	0,142	29	0,104	0,116
18	0,122	0,138	30	0,102	0,114
19	0,120	0,136	31	0,099	0,111

Aplicație. Se consideră 10 valori ale unei caracteristici oarecare care constituie rezistența electrică a unui fir de molibden și anume: 43,80; 42,50; 43,00; 44,20; 44,10; 43,40; 41,60; 44,30; 44,80; 42,30 Ω/m .

Media și dispersia acestui eșantion (probă) sînt $\bar{x}=43,40$ și $\sigma^2=1,03$. Verificăm cu ajutorul testului MASSEY, dacă valorile care alcătuiesc această probă urmează o lege de repartiție normală. În acest scop, se utilizează tabelul 9.11, în care valorile caracteristicii sînt scrise în ordinea mărimii.

Tabelul 9.11

Date privind verificarea ipotezei repartiției normale a caracteristicii

x_i	$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$	n_i	$F_n(x_i)$	$\Phi(z_i)$	$[F_n(x_i) - \Phi(z_i)]$
41,60	-1,74	1	0,1	0,0409	0,0591
42,30	-1,07	1	0,2	0,1423	0,0577
42,50	-0,87	1	0,3	0,1922	0,1078
43,00	-0,39	1	0,4	0,3483	0,0517
43,40	0	0,5	0,5	0,5000	0,0000
43,80	0,39	1	0,6	0,6517	0,0517
44,10	0,68	1	0,7	0,7517	0,0517
44,20	0,78	1	0,8	0,7823	0,0177
44,30	0,87	1	0,9	0,8078	0,0922
44,80	1,36	1	1,0	0,9131	0,0869

Se obține $d_{max}=0,1078$. Deoarece diferența $d_{tab}=0,1078$ din tabele, pentru $n=10$ și nivelul de încredere (confidență) $\alpha=0,05$ se conchide că rezistența electrică urmează o repartiție aproximativ normală.

9.6. DETERMINAREA FRAȚIUNII DEFECTE PROBABILE

Fracțiunea defectă probabilă p sau procentul de rebut probabil este un parametru cu care se caracterizează precizia utilajelor.

Prin definiție, fracțiunea defectă probabilă reprezintă probabilitatea ca valorile caracteristicii X să depășească limitele cîmpului de toleranță, adică:

$$p=P(T_i > X > T_s)=1-P(T_i \leq X \leq T_s). \quad (9.41)$$

Pentru caracteristicile care au o repartiție normală, fracțiunea defectă se determină cu relația:

$$p=1-[\Phi(z_s)-\Phi(z_i)]=1-2\Phi(z) \quad (9.42)$$

în care:

$$z_i = \frac{T_i - T_c}{\sigma}; \quad z_s = \frac{T_s - T_c}{\sigma} \quad (9.43)$$

Datorită simetriei limitelor de toleranță față de centrul cîmpului de toleranță, se poate scrie că: $z=z_s=(z_i)$, conform figurii 9.11. În relația (9.43) funcția LAPLACE este dată de:

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du \quad (9.44)$$

și se găsește în tabele, iar

$$Z = \frac{T}{2\sigma}. \quad (9.45)$$

În practică se consideră că un proces tehnologic este controlabil statistic dacă $p \leq 0,02$. În scopul îmbunătățirii preciziei unui proces tehnologic se poate considera, din punct de vedere experimental, că se poate introduce controlul statistic și pentru $p > 0,02$.

Aplicație. Pentru caracteristica studiată $\varnothing = 4^{+0,005}_{-0,085}$ mm, a rezultat că aceasta se repartizează normal cu media $\bar{x}=3,9601$ și abaterea media pătratică $\sigma=0,0145$. Cu relația (9.42) se

$$p=1-2\Phi\left(\frac{0,090}{2 \cdot 0,0145}\right)=1-2\Phi(3,10) \approx 0,002. \quad (9.46)$$

stabilește fracțiunea defectă

Rezultă deci, că mașina funcționează cu o precizie bună și poate fi introdus controlul statistic al calității.

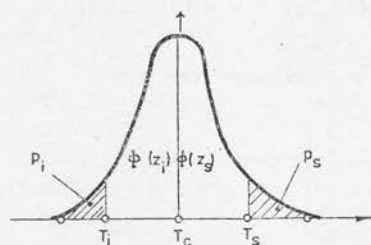


Fig. 9.11. Histograma frecvențelor absolute și relative cînd limitele de toleranță sînt simetrice față de centrul de toleranță.

METODE STATISTICE DE CONTROL CURENT ȘI DE DIRIJARE A PROCESELOR TEHNOLOGICE DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARARE

Controlul statistic al proceselor tehnologice de întreținere și reparare a utilajului electromecanic are drept scop să stabilească dacă acestea se desfășoară normal. Se apreciază că un proces tehnologic se desfășoară normal în cazul în care valoarea caracteristicii, pentru care s-a calculat estimația, se găsește într-un interval dinainte stabilit, numit *interval de încredere* sau *interval de control*. Limitele acestui interval se numesc *limite de control*.

Limitele de control sînt două valori:

L_{ci} este limita de control inferioară;

L_{cs} — limita de control superioară;

Notîndu-se cu α riscul de genul I și cu β riscul de genul II iar cu U estimația centrului de grupare sau a impunerii se poate scrie că:

$$P(L_{ci} \leq U \leq L_{cs}) = 1 - \alpha \quad (10.1)$$

în cazul cînd procesul se desfășoară normal și

$$P(L_{ci} \leq U \leq L_{cs}) = \beta \quad (10.2)$$

în cazul cînd procesul nu se desfășoară normal.

Limitele de control sînt mai mici decît limitele de toleranță, așa cum reiese din figura 10.1.

Produsele care alcătuiesc sondajul (proba) reprezintă o parte a întregului efectiv de produse, așa că este firesc ca media probei să difere de media generală. Media probei, ca de altfel orice estimație (mediană), abaterea medie pătratică, amplitudinea împrăstierii etc.) trebuie privită ca o variabilă aleatoare care posedă o anumită repartiție. Cunoscîndu-se repartiția mediei probei (sau a altor parametri) se poate determina intervalul în care aceasta poate varia. Din practică se constată că, pe măsură ce numărul unităților care compun sondajul crește, mediile obținute se concentrează din ce în ce mai mult în jurul centrului de grupare. Rezultă deci că mărimea intervalului de control depinde de volumul sondajului (cu cît volumul sondajului este mai mare cu atît intervalul de control este mai îngust).

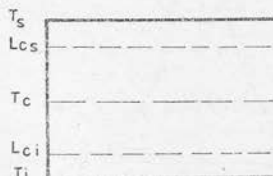


Fig. 10.1. Reprezentarea limitelor de toleranță (T) și a limitelor de control (L_c) a unui proces de reparații.

Alegerea mărimilor α și β se face pe baza analizei implicațiilor economice. În cadrul proceselor tehnologice cu randament ridicat și costuri nu prea mari ale rebuturilor este mai avantajos să se fixeze un risc de genul I mic, deoarece oprirea inutile micșorează productivitatea muncii. Dacă însă costul rebuturilor este mare comparativ cu pierderile din producție determinate de oprirea inutilă a procesului, se poate admite un risc de genul I mai mare, micșorîndu-se astfel riscul de genul II și implicit probabilitățile de

rebutare. Rezultă că cele două riscuri se fixează astfel, încît să rezulte o valoare minimă a sumei totale a pierderilor.

Ținîndu-se seamă de modul în care se face controlul, se deosebesc:

- metode de control prin măsurare (variabile);
- metode de control prin attribute;
- metode pe bază de număr de defecte.

10.2. CONTROLUL STATISTIC PRIN MĂSURARE

Acest gen de control se aplică acelor caracteristici de calitate ale utilajelor sau altor produse care se controlează cu ajutorul aparatelor de măsurat.

În acest caz, pentru fiecare exemplar verificat se obține o anumită valoare x_i a caracteristicii de calitate X . Vom considera că variabila X urmează o lege normală sau aproximativ normală cu media m și dispersia σ^2 , fapt care a fost stabilit cu ocazia analizei premergătoare introducerii controlului statistic.

Spunem că sistemul este ieșit de sub control atunci cînd centrul de grupare sau împrăștierea valorilor caracteristicii s-a modificat. Problema controlului statistic constă în testarea ipotezei:

$$H_0 : m = m_0 \text{ respectiv } \sigma = \sigma_0, \quad (10.1)$$

cu alternativa

$$H_1 : m \neq m_0 \text{ respectiv } \sigma \neq \sigma_0 \quad (10.2)$$

unde m și σ sînt respectiv media și abaterea medie pătratică a caracteristicii de calitate în momentul efectuării controlului iar m_0 și σ_0 valorile prescrise în specificații. Se vor examina în continuare testarea ipotezelor menționate referitoare la centrul de grupare al caracteristicii și la precizie.

10.2.1. METODE DE CONTROL AL CENTRULUI DE GRUPARE

Se vor expune două metode: metoda mediei aritmetice și metoda mediei.

Metoda mediei aritmetice. Ipoteza nulă pe care o testăm este:

$$H_0 : m = m_0$$

cu alternativa

$$H_1 : m \neq m_0$$

Parametrul m se estimează cu ajutorul mediei aritmetice a probei x , calculată pe baza datelor unui sondaj de mărime n (în practică se consideră $n=3 \dots 10$ unități).

Se știe că, dacă sondajul $x_1, x_2, \dots, x_n$ este efectuat dintr-o populație normată $N(m; \sigma)$ atunci variabila aleatoare $\bar{x}$ urmează și ea o repartiție normală cu media:

$$M[\bar{x}] = m \quad (10.3.)$$

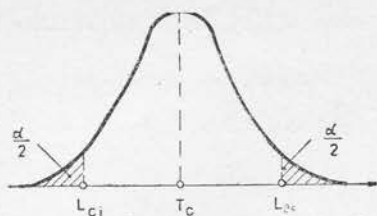


Fig. 10.2. Fixarea limitelor de control L_{ci} și L_{cs} .

și dispersia:

$$\sigma_x^2 = \frac{\sigma^2}{n} \text{ respectiv } \sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (10.4)$$

Experiența demonstrează că repartiția mediilor eșantioanelor (probelor) tinde spre cea normală chiar și atunci cînd repartiția caracteristicii are o altă formă.

Limitele de control se determină cu ajutorul testului bilateral simetric al ipotezei $m=m_0$, bazat pe media probei $\bar{x}$ adică:

$$m_0 - Z\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \bar{x} \leq m_0 + Z\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (10.5)$$

unde α reprezintă riscul de genul I și este egal cu:

$$\alpha = 1 - P(L_{ci} \leq \bar{x} \leq L_{cs}), \quad (10.6)$$

asa cum reiese din figura 10.2. Înlocuind în relația (10.5) pe m_0 cu T_c (centrul cîmpului de toleranță) și ținînd seamă de relația (10.6) rezultă expresia limitelor de control:

$$\left. \begin{aligned} L_{ci} &= T_c + Z\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ L_{cs} &= T_c - Z\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \end{aligned} \right\} \quad (10.7)$$

Factorul $Z\alpha$ rezultă din mărimea riscului de genul I. Dacă $\alpha=0,002$ (adică în medie 2 cazuri din 1000) atunci media aritmetică $\bar{x}$ a probei se află în afara limitelor de control deși centrul de grupare a caracteristicii este același. Aceasta reprezintă un semnal fals și se produce o eroare de genul I. Cînd se lucrează cu un asemenea risc se obține $z_{0,002}=3,09$ și spunem că se aplică regula celor trei σ (corect $\pm 3,09$ adică $2 \times 3,09 = 6,18$) conform căreia: abaterea valorii reale a mărimii măsurate de la media aritmetică a rezultatelor măsurărilor nu depășește cu de trei ori abaterea medie pătrată a valorii medii.

Regula trei sigma conduce la intervalul de încredere

$$|a - \bar{x}| < \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (10.8)$$

a cărei siguranță este de $2 \Phi(3) = 0,9973$, independent de numărul măsurilor.

Dacă însă nu se cunoaște σ , intervalul de încredere se determină cu abaterea medie pătratică de sondaj s și devine

$$|a - \bar{x}| = \frac{3s}{\sqrt{n}} \quad (10.9)$$

În anumite cazuri, pentru a avea o mai mare siguranță, se lucrează cu o valoare a riscului de genul I de 5% adică $\alpha=0,05$. În acest caz expresiile (10.7) devin limite de supraveghere.

$$\left. \begin{aligned} L_{si} &= T_c - Z_{0,05} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ T_{ss} &= T_c + Z_{0,05} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \end{aligned} \right\} \quad (10.10)$$

Limitele de supraveghere vor fi mai restrinse decât limitele de control, fapt explicabil întrucât cu un risc de genul I mai mare va rezulta o valoare mai mică a factorului Z și anume $Z = 1,96$.

Schematic limitele de toleranță, control și supraveghere se prezintă în figura 10.3.

Aplicația 10.1. Să se determine limitele de control și de supraveghere pentru diametrul $9,1 \pm 0,05$ mm prin metoda mediei aritmetice, știindu-se că din cercetări anterioare se cunoaște că această caracteristică urmează o lege de repartiție normală cu media 9,10 și abatere medie pătratică egală cu 0,0162. Considerându-se media probei $n=7$, rezultă valorile limitelor de control:

$$L_{cs} = T_c + Z_{0,002} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 9,1 - 3,09 \frac{0,0162}{\sqrt{7}} \approx 9,12 \text{ mm},$$

$$L_{ci} = T_c - Z_{0,002} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 9,1 - 3,09 \frac{0,0162}{\sqrt{7}} \approx 9,08 \text{ mm},$$

$$\text{unde: } Z_{0,002} = \frac{T}{2\sigma} = \frac{0,10}{2 \cdot 0,0162} = 3,09.$$

Limitele de supraveghere au valorile următoare:

$$L_{ss} = T_c + Z_{0,05} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 9,1 + 1,96 \frac{0,0162}{\sqrt{7}} \approx 9,11 \text{ mm},$$

$$L_{si} = T_c - Z_{0,05} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 9,1 - 1,96 \frac{0,0162}{\sqrt{7}} \approx 9,09 \text{ mm}.$$

Dacă media aritmetică a probei $\bar{x}_i$ are o valoare cuprinsă între limitele de control (9,08 9,12) mm procesul de fabricație (repartiție) se consideră corespunzător din punct de vedere al centrului de grupare. În caz contrar, procesul se întrerupe și se înlătură cauza care a determinat încălcarea desfășurării normale. Producția obținută în intervalul dintre proba precedentă și proba respectivă nu se acceptă decât după o verificare bucată cu bucată. Intervalul de timp (t) dintre două probe se stabilește cu relația:

$$t = \frac{90}{9} \sqrt{n \cdot Q} \text{ [min]}, \quad (10.9)$$

în care:

n — reprezintă numărul exemplarelor din probă (eșantion);

Q — numărul mediu de piese produse între două dereglări care se estimează în faza de analiză a procesului;

q — producția orară a mașinii.

Metoda medianei. Caracterizarea centrului de grupare al caracteristicii de calitate, în cazul acestei metode, se face cu ajutorul medianei x_{me} , care pentru repartiția normală, se repartizează normal cu media

$$M[x_{me}] = m \quad (10.10)$$

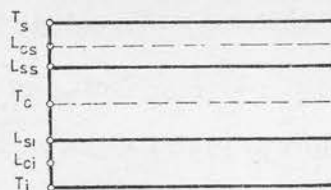


Fig. 10.3. Reprezentarea limitelor de toleranță, de control și de supraveghere a unui proces de reparații.

și abaterea medie pătratică

$$\sigma x_{me} = \frac{1}{2f(m)\sqrt{n}} = \sigma \bar{x} \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,2533 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (10.11)$$

întrucât pentru $x=m$, expresia funcției de frecvență este

$$f(m) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \text{ iar } \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,2533. \quad (10.12)$$

Limitele de control pentru mediană se calculează cu relațiile

$$\left. \begin{aligned} L_{cs} &= T_c + 1,2533 Z_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ L_{ci} &= T_c - 1,2533 Z_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \end{aligned} \right\} \quad (10.13)$$

Limitele de supraveghere se determină cu relațiile:

$$\left. \begin{aligned} L_{ss} &= T_c + 1,2533 \cdot Z_{0,05} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ L_{si} &= T_c - 1,2533 \cdot Z_{0,05} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \end{aligned} \right\} \quad (10.14)$$

Întrucât *mediana este o valoare de poziție* și anume, care ocupă poziția centrală în șirul valorilor ordonate ale caracteristicii, se recomandă ca metoda să fie utilizată în cazul cînd numărul exemplarelor din probă este *impar* (3, 5, 7, 9, 11....)

Aplicația 10.2. Să se calculeze limitele de control și de supraveghere pentru diametrul unui conductor de bobinaj $9,1 \pm 0,05$ mm, utilizîndu-se metoda medianei.

Făcîndu-se înlocuirile în relațiile (10.13) și (10.14) se obțin următoarele valori e limitelor de control:

$$L_{cs} = 9,1 + 1,2533 \cdot 3,09 \frac{0,0162}{\sqrt{7}} \approx 9,12 \text{ mm};$$

$$L_{ci} = 9,1 - 1,2533 \cdot 3,09 \frac{0,0162}{\sqrt{7}} \approx 9,08 \text{ mm};$$

și a limitelor de supraveghere:

$$L_{ss} = 9,1 + 1,2533 \cdot 1,96 \frac{0,0162}{\sqrt{7}} \approx 9,11 \text{ mm};$$

$$L_{si} = 9,1 - 1,2533 \cdot 1,96 \frac{0,0162}{\sqrt{7}} \approx 9,09 \text{ mm}.$$

După reglare, la intervale determinate de timp, din producția mașinii se vor extrage cîte șapte exemplare. Dacă mediana probei nu depășește limitele de control se apreciază că procesul de producție se desfășoară normal *din punctul de vedere a reglării*. În cazul în care mediana probei depășește limitele de control se consideră că asupra procesului de producție a acționat o cauză sistematică ce conduce la obținerea de produse necorespunzătoare. Mașina se oprește, se identifică și se înlătură cauza care a determinat încălcarea desfășurării normale a procesului tehnologic.

10.2.2. METODE DE CONTROL A PRECIZIEI

Se vor expune două metode de control a preciziei: metoda abaterii medii pătratice și metoda amplitudinii împrăstierii.

Metoda abaterii medii pătratice. În capitolul 9 s-a precizat că dispersia respectiv abaterea medie pătratică ne poate furniza indicații asupra proceselor tehnologice, asupra preciziei și aparatelor. Utilizând datele unui sondaj de mărime n cu valorile caracteristicii $x_1, x_2 \dots x_n$, putem verifica ipoteza nulă:

$$H_0: \sigma = \sigma_0,$$

cu alternativa

$$H_1: \sigma \neq \sigma_0.$$

În acest caz, limita de control pentru abaterea medie pătratică a probei (eșantionului) este:

$$L_c(\sigma) = X_p \frac{\sigma_0}{\sqrt{n-1}}, \quad (10.15)$$

iar limita de supraveghere se determină cu relația

$$L_s(\sigma) = X_{0,975} \frac{\sigma_0}{\sqrt{n-1}}, \quad (10.16)$$

Aplicația 10.3. Să se calculeze limita de control și limita de supraveghere pentru parametrul preciziei, utilizându-se metoda abaterii medii pătratice în cazul unui conductor de bobină cu diametrul de 9,1 mm.

Făcându-se înlocuirile în relațiile (10.15) și (10.16) rezultă:

$$L_c(\sigma) = 4,743 \frac{0,0162}{\sqrt{6}} \approx 0,031 \text{ mm};$$

$$L_s(\sigma) = 3,795 \frac{0,0162}{\sqrt{6}} \approx 0,025 \text{ mm}.$$

Metoda amplitudinii împrăstierii. Amplitudinea împrăstierii este un parametru al preciziei unui utilaj tehnologic, utilizate pentru dirijarea și controlul procesului tehnologic din punct de vedere al preciziei.

În acest caz, limitele de control, respectiv de supraveghere, pentru amplitudinea probei (eșantionului) se determină cu relațiile:

$$\left. \begin{aligned} L_c(R) &= t\sigma/2\sigma \\ L_s(R) &= t_{0,025} \cdot \sigma \end{aligned} \right\} \quad (10.17)$$

Aplicația 10.4. Ținându-se seamă că abaterea medie pătratică este $\sigma = 0,0162$, iar din tabele rezultă că: $t \frac{\sigma}{2} = t_{0,001} = 5,725$ și $t_{0,025} = 4,50$, să se calculeze limitele $L_c(R)$ și $L_s(R)$.

Aceste limite se determină cu relațiile (10.17):

$$L_c(R) = 5,725 \cdot 0,0162 \approx 0,093 \text{ mm},$$

respectiv

$$L_s(R) = 4,50 \cdot 0,0162 \approx 0,073 \text{ mm}.$$

10.3. CONTROLUL STATISTIC PRIN ATRIBUTE

Dacă verificarea caracteristicilor de calitate se face prin aprecierea unui produs în „corespunzător” și „necorespunzător”, atunci controlul de calitate efectuat poartă numele de *control statistic prin atribute*.

Un astfel de control se aplică în următoarele cazuri:

— la controlul caracteristicilor nemăsurabile cantitativ și în raport cu care se împart în două clase: corespunzătoare și necorespunzătoare;

— la controlul caracteristicilor a căror măsurare este posibilă dar este prea costisitoare.

În astfel de cazuri, caracteristica de calitate urmează o lege de repartiție binominală cu parametrii: media = $n \cdot p$ și dispersia $n \cdot p(1-p)$. Repartiția binominală se poate exprima cu cea nominală dacă dispersia:

$$n \cdot p(1-p) \geq 9. \quad (10.18)$$

Controlul statistic prin atribute se realizează prin mai multe genuri de control: controlul procentului de produse necorespunzătoare; controlul numărului de produse necorespunzătoare.

Controlul procentului de produse necorespunzătoare. Se testează, în acest caz, ipoteza nulă

$$H_0: p \leq p_0 \quad (10.19)$$

cu alternativa

$$H_1: p = p_1 > p_0,$$

în care p_0 este fracțiunea defectă admisă iar p fracțiunea defectă și posibilă a procesului și se obține ca:

$$p = \frac{0}{n}, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \frac{3}{n}, \dots, \frac{x}{n}, \dots, \frac{n-1}{n}, \frac{n}{n}. \quad (10.20)$$

Abaterea medie pătratică a procentului de produse necorespunzătoare se determină cu relația:

$$\sigma_z = \frac{1}{n} \sigma x = \frac{1}{n} \sqrt{n \cdot p(1-p)} = \frac{\sqrt{p(1-p)}}{n}. \quad (10.21)$$

Cunoscându-se procentul mediu de produse necorespunzătoare $\bar{p}$ se determină limita de supraveghere a procesului tehnologic:

$$L_{cs} = \bar{p} + z\alpha \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{n}. \quad (10.22)$$

Pentru $z\alpha = 3$ expresia devine:

$$L_{cs} = \bar{p} + 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{n}, \quad (10.23)$$

în care n este numărul produselor conținute într-o probă.

Controlul se face astfel: din producția mașinii se extrag probe de mărimea n și se calculează pentru fiecare procent de produse necorespunzătoare (p).

Dacă $p \leq L_{cs}$ aceasta înseamnă că procentul de produse necorespunzătoare efectiv nu s-a modificat, adică mașina lucrează corespunzător;

dacă $p > L_{cs}$, înseamnă că mașina nu mai lucrează cu procentul normal. Se oprește mașina, se identifică cauza care a perturbat procesul și se înlătură.

Aplicația 10.5. Din procesul de fabricație se prelevează zilnic, la întâmplare 50 de piese, care se clasifică în „corespunzătoare” și „necorespunzătoare”. Rezultatele obținute în 26 de zile cât a durat analiza sînt prezentate în tabelul 10.1.

Tabelul 10.1

Date privind numărul produselor defecte, repartizate pe zile

Zilele	Nr. de produse defecte	Zilele	Nr. de produse defecte	Zilele	Nr. de produse defecte
1	1	10	0	19	1
2	0	11	1	20	0
3	1	12	0	21	0
4	2	13	1	22	2
5	1	14	2	23	1
6	1	15	1	24	1
7	3	16	0	25	0
8	2	17	0	26	2
9	0	18	3		
TOTAL	11	TOTAL	8	TOTAL	7

Să se calculeze procentul produselor defecte (p).

Pentru rezolvarea temei menționate se calculează, în prealabil, totalul produselor defecte

$$d = \sum_{i=1}^{26} d_i = 11 + 8 + 7 = 26.$$

Apoi, se determină totalul produselor prelevate:

$$n \cdot K = 50 \cdot 26 = 1\,300.$$

În acest caz, procentul produselor defecte este egal cu

$$\bar{p} = \frac{26}{1\,300} = 0,02 \text{ sau } 2\%.$$

Pentru $\alpha = 2\%$, rezultă $z_{\alpha} = 2,33$, ceea ce permite determinarea limitei de control

$$L_{cs} = 0,02 + 2,33 \sqrt{\frac{0,02(1-0,02)}{50}} = 0,07.$$

Controlul numărului de produse necorespunzătoare. În acest caz, nu se mai lucrează cu procentul de produse necorespunzătoare, ci direct cu numărul de produse necorespunzătoare d_i găsite în proba examinată.

Numărul de produse necorespunzătoare conținut într-o probă de mărime n are o repartiție binominală cu media și dispersia egale cu

$$\bar{x} = np \quad \text{și} \quad \sigma^2 = n \cdot p(1-p). \quad (10.23)$$

Ținându-se cont că numărul mediu al produselor prelevate (d) se determină cu relația:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{k}, \quad (10.24)$$

iar fracțiunea defectă medie este k

$$\bar{p} = \frac{\bar{d}}{n} = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{n \cdot k}, \quad (10.25)$$

când $n \cdot p > 10$, se poate considera că repartiția lui p tinde spre legea normală.

În această circumstanță limita de control este

$$L_{cs} = n \cdot \bar{p} + z\alpha \sqrt{n \cdot \bar{p}(1-\bar{p})}. \quad (10.26)$$

Ținându-se seamă de relația (10.25), rezultă

$$L_{cs} = d + z\alpha \sqrt{d(1-\bar{p})} \quad (10.27)$$

care pentru $z=3$, limita de control devine

$$L_{cs} = d + 3 \sqrt{d(1-\bar{p})} \quad (10.28)$$

10.3. CONTROLUL NUMĂRULUI DE DEFECTE

Prin defect se înțelege orice abatere de la calitatea prescrisă. Identificarea defectelor se face prin examinare vizuală, prin măsurare (încercări electrice, mecanice, termice etc).

Produsul controlat care conține unul sau mai multe defecte pe baza cărora este declarat necorespunzător prescripției de calitate, se numește *produs defect*.

Acest control se recomandă când probabilitatea de apariție a unui defect este mai mică. Legea de repartiție a caracteristicii de calitate, în acest caz, este de tip Poisson cu parametrului media=dispersia= λ .

Când λ este mare, în practică atunci când $\lambda > 9$, repartiția Poisson se poate aproxima prin cea normală cu variabila normată:

$$Z\alpha = \frac{x-\lambda}{\sqrt{\lambda}} \quad (10.29)$$

În aplicarea controlului statistic al calității pe baza numărului de defecte se utilizează două fișe de control și anume:

- fișa de control U, a numărului de defecte pe un exemplar;
- fișa de control C, a numărului de defecte în probă.

Fișa U de control se folosește pentru localizarea defectelor pe un exemplar, când mărimea probei n nu se menține constantă.

Pentru întocmirea fișei de control se face analiza premergătoare a procesului de fabricație. Se extrag din producția mașinii, după regulile menționate, un număr de K probe de mărime $n=25 \dots 30$. Se numără,

după aceea, pe fiecare probă de câte ori apar defectele urmărite. Numărul de defecte în probă se notează cu C . Se calculează, apoi, numărul de defecte pe un exemplar pentru fiecare probă cu relația

$$u = \frac{C}{n} \quad (10.30)$$

Dacă mărimea probei n este constantă, numărul mediu al defectelor pe un exemplar, pentru toate cele K probe (eșantioane) se determină cu relația:

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k U_i}{k} \quad (10.31)$$

în care u_i este numărul de defecte pe exemplar pentru proba i ($i=1, 2, \dots, k$).

Limitele de control se calculează cu relațiile

$$\left. \begin{aligned} L_{cs} &= \bar{u} + Z\alpha \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \\ L_{ci} &= \bar{u} - Z\alpha \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \end{aligned} \right\} \quad (10.32)$$

Dacă mărimea probelor variază fiind $n_1, n_2, \dots, n_k$, atunci numărul mediu de defecte pe exemplar pentru cele K probe cercetate se calculează cu relația:

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k C_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (10.33)$$

în care C_i este numărul de defecte conținute în proba i .

În acest caz, limitele de control se determină cu relațiile:

$$\left. \begin{aligned} L_{csi} &= \bar{u} + Z\alpha \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \\ L_{cii} &= \bar{u} - Z\alpha \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \end{aligned} \right\} \quad (10.34)$$

Fișa C de control se utilizează pentru identificarea defectelor din probă (eșantion) când mărimea probei n se menține constantă. În acest caz, pe baza celor k probe examinate în cadrul analizei premergătoare procesului de fabricație se determină numărul mediu de defecte din probă cu relația:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^k C_i}{k} \quad (10.35)$$

în care C_i este numărul de defecte conținute în proba i .

Ținându-se seamă de cele menționate, limita de control, pentru fișa C se determină cu relația:

$$L_{cs} = C + z\alpha\sqrt{\bar{C}} \quad (10.36)$$

Dacă numărul de defecte $\bar{C}$ din proba supusă controlului nu depășește limita de control, se consideră că procesul de fabricație se desfășoară normal.

Aplicația 10.6. Se introduce controlul statistic al calității pe baza numărului de defecte la un rezistor. În acest scop se supun observației 40 rezistoare și se obțin rezultatele din tabelul 10.2.

Tabelul 10.2

Date privind produsele repartizate pe număr de defecte

Nr. produsului	Nr. de defecte	Nr. produsului	Nr. de defecte	Nr. produsului	Nr. de defecte	Nr. produsului	Nr. de defecte
1	2	11	2	21	3	31	4
2	2	12	2	22	2	32	2
3	1	13	3	23	0	33	0
4	3	14	2	24	1	34	2
5	2	15	4	25	4	35	3
6	2	16	2	26	2	36	2
7	0	17	2	27	1	37	2
8	2	18	3	28	3	38	1
9	1	19	2	29	2	39	2
10	4	20	1	30	4	40	2
Total:	19	—	23	—	22	—	20

Se calculează, în prealabil, numărul mediu de defecte cu relația (10.35)

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^k C_i}{k} = \frac{19+23+22+20}{40} = \frac{84}{40} = 2,1 \text{ defecte/exemplar.}$$

Corespunzător unui risc de genul I de 2% obținem din tabele $z\alpha = z_{0,002} = 3,09$, așa încât limita de control va fi

$$L_{cs} = 2,1 + 3,09\sqrt{2,1} = 6,58.$$

Controlul se va desfășura astfel: la anumite intervale de timp se extrage din producția mașinii câte un eșantion (probă) format din unul sau mai multe produse, care se controlează. Dacă numărul de defecte, în medie, pe un exemplar nu depășește limita de control, se consideră că procesul tehnologic se desfășoară normal.

În caz contrar, se apreciază că starea normală n-a fost respectată, se oprește mașina, se depistează și se înlătură cauza care perturbă procesul tehnologic.

Limita de control inferioară se calculează numai dacă necesitățile practice o impun. De obicei, se calculează numai limita de control superioară.

CAPITOLUL 11

CONTROLUL DE RECEPȚIE AL ECHIPAMENTELOR INDUSTRIALE

11.1. DATE INTRODUCTIVE

Controlul de recepție al echipamentelor industriale (mașini, utilaje, instalații, componente etc.) constituie un control de calitate ocazionat de intrarea acestora în circuitul economic.

Spre deosebire de controlul efectuat în timpul fabricației, controlul de recepție are un caracter static, rolul său fiind numai de a constata dacă produsele sînt corespunzătoare și de a le separa de cele necorespunzătoare.

Scopul controlului de recepție este de a decide *acceptarea* sau *refuzul* lotului controlat și se efectuează de furnizor, de beneficiar sau de către ambele părți.

Livrarea produselor de către furnizori se face de regulă exceptîndu-se producția de unicate, sub formă de loturi. Lotul reprezintă cantitatea definită dintr-un produs, fabricată de un singur producător, în condiții presupuse uniforme.

În multe cazuri, verificarea calității are un caracter distructiv și deci controlul tuturor produselor din lot ar fi o absurditate.

Chiar atunci cînd controlul integral sau 100% este posibil, experiența a dovedit că nu se pot depista toate produsele defecte din lot.

De aceea se impune utilizarea unor metode de control raționale fundamentate pe principiile statisticii matematice și al calculului probabilităților, cum sînt: controlul prin sondaj, controlul secvențial etc.

11.2. CONTROLUL PRIN SONDAJ. FRAȚIUNEA DEFECTĂ. RISCUL FURNIZORULUI ȘI RISCUL BENEFICIARULUI

Practica a pus în evidență că orice lot de produse conține o anumită proporție de exemple necorespunzătoare pe care o denumim *fracțiune defectă* a lotului și o vom nota cu p .

Pe baza mărimii fracțiunii defecte p , urmează să fie apreciată calitatea lotului în comparație cu un anumit nivel p , stabilit în funcție de considerente economice. Aceasta înseamnă că pe baza verificării produselor din lot trebuie să se decidă dacă este adevărată ipoteza:

$$H_1 : p < p_0 \quad (11.1)$$

în care caz lotul se consideră corespunzător condițiilor de calitate și se acceptă sau ipoteza alternativă.

$$H_2 : p > p_0, \quad (11.2)$$

în care caz lotul se consideră necorespunzător și se respinge.

Din punct de vedere teoretic, decizia cu privire la valabilitatea uneia dintre ipotezele H_1 sau H_2 se poate lua cu certitudine prin controlul integral (100%) al lotului.

În cazul în care părțile interesate în recepție, acceptă un anumit risc de a da o recepție eronată, atunci devine posibilă înlocuirea controlului 100% cu controlul prin sondaj care este mai economic.

Esența controlului de recepție prin sondaj constă în aceea că aprecierea calității lotului de mărime N se face pe baza unui eșantion de mărime $n (n \leq N)$, extras întâmplător din lot, sau mai precis pe baza unui parametru de sondaj (media, abaterea medie pătratică, fracțiunea defectă). Cum parametrii eșantionului (probei) nu coincid cu cei ai întregului lot, ci se abat de la acestea, decizia de acceptare sau respingere a lotului comportă un anumit risc de a fi eronată.

Controlul de recepție prin sondaj poate conduce la două decizii eronate și anume:

a) *Respingerea unui lot* care conține o fracțiune defectă $p < p_0$ (p_0 — fracțiune defectă admisă) și care ar trebui acceptat sau altfel spus respingerea ipotezei $A_1 : p \leq p_0$, care în realitate este adevărată. Se comite în acest caz o eroare de genul I care poartă numele de *risc al furnizorului* și se notează cu α .

b) *Acceptarea unui lot* care are o fracțiune defectă $p > p_0$. Se comite astfel o eroare de genul II, iar probabilitatea comiterii unei asemenea erori poartă numele de *risc al beneficiarului* de a accepta un lot care în realitate trebuie respins și se notează cu β .

La fixarea condițiilor de acceptare și de respingere a lotului se are în vedere care anume dintre cele două decizii este mai avantajoasă din punct de vedere economic și anume: acceptarea dacă $p \leq p_0$; respingerea, dacă $p > p_0$.

Dar fracțiunea defectă p poate lua o mulțime de valori, în cele două domenii ale sale limitate din punctul critic p_0 adică în domeniile $0 \leq p \leq p_0$ și respectiv $p_0 \leq p \leq 1$.

În consecință și riscurile α și β de a lua decizii eronate vor avea implicații economice diferite în funcție de mărimea fracțiunii defecte p . Cu cât diferența dintre p și p_0 este mai mare:

— pierderile cauzate de respingere precum și avantajul economic al acceptării vor fi mai mari dacă $p \leq p_0$, pentru aceeași valoare a riscului furnizorului α ;

— pierderile cauzate de acceptare precum și avantajul economic al respingerii vor fi mai mari dacă $p > p_0$, pentru aceeași valoare a riscului beneficiarului β .

Pe baza celor menționate rezultă că:

— printre fracțiunile defecte $0 \leq p \leq p_0$ se găsește o valoare p_1 , pentru care decizia de respingere a lotului determină pierderi economice maxime;

— printre fracțiunile defecte $p_0 < p \leq 1$, se găsește o valoare p_2 , pentru care decizia de acceptare determină pierderi economice maxime.

Fracțiunea defectă p , pentru care probabilitatea de acceptare este foarte mare cel puțin pentru $1-\alpha$, se numește *fracțiune defectă acceptată* sau *nivel de calitate acceptat (NCA)*, întrucît loturile în acest caz se consideră corespunzătoare calitativ.

Fracțiunea defectă p_2 se numește *fracțiune defectă tolerată* întrucît loturile sînt considerate calitativ necorespunzătoare, iar beneficiarul le acceptă cu o probabilitate foarte mică, cel mult β .

Fracțiunea defectă p_0 corespunzătoare probabilităților de acceptare $P_a(p_0)=0,5$, se numește *fracțiune defectă probabilă*.

Între mărimile p_1 , p_2 , α și β în care se materializează cerințele care se pun controlului prin sondaj, există următoarele relații:

$$0 < p_1 < p_2 < 1; p_2 - p_1 > \frac{1}{N}; 0 < \beta < \frac{1}{2} < 1 - \alpha < 1. \quad (11.3)$$

Valorile lui p_1 și p_2 , împart intervalul de variație a fracțiunii defecte p , cuprins între 0 și 1 în trei domenii (tabelul 11.1).

Tabelul 11.1

Domeniile de acceptare, de indiferență și de respingere a fracțiunii defecte reprezentînd un lot de utilaje

Domeniul de acceptare	Domeniul de indiferență	Domeniul de respingere
0	p_1	p_2 1
$0 \leq p \leq p_1$	$p_1 < p < p_2$	$p_2 < p \leq 1$

Din tabelul 11.1, rezultă că în domeniul de acceptare probabilitatea acceptării lotului este foarte mare, întrucît riscul pe care și-l asumă furnizorul, adică probabilitatea de a i se respinge loturi cu fracțiunea defectă $p \leq p_1$ este foarte mică, adică cel mult α . În domeniul de respingere probabilitatea respingerii loturilor cu fracțiunea defectă $p \geq p_2$ este foarte mare, întrucît, potrivit convenției, beneficiarul suportă un risc mic de a accepta asemenea loturi, cel mult egal cu β . În domeniul de indiferență probabilitatea de acceptare și de respingere variază în limite largi.

11.3. PLANURI DE CONTROL PRIN SONDAJ

Planurile de control prin sondaj constituie un sistem de reguli (prescripții) pe baza cărora se efectuează controlul prin sondaj. Aceste planuri depind de modul de verificare a produselor și de procedeul de extracție al acestora.

După modul de verificare a produselor se cunosc: controlul prin atribute și controlul prin măsurare.

După procedeul de extracție deosebim:

— procedeul extracției simple care constă în prelevarea integrală a unui singur eșantion de mărime n , decizia de acceptare sau de respingere a lotului fiind luată după controlul tuturor produselor care formează lotul;

— procedeul extracției duble, în care prelevarea este fracționată în două și anume: se extrage din lotul respectiv un eșantion compus din n_1 unități și pe baza cercetării acestor n_1 unități se hotărăște acceptarea sau refuzul lotului respectiv, efectuarea unui nou sondaj care să conțină n_2 unități. Apoi, concluziile privind calitatea lotului supus controlului se formulează pe baza informațiilor furnizate de cele $n_1 + n_2$ unități cercetate;

— procedeul extracției multiple, identic cu cel al extracției duble, cu deosebirea că este fracționat în mai mult decât două eșantioane;

— procedeul extracției secvențiale (progresive) caracterizat prin aceea că mărimea eșantionului nu se fixează în prealabil, sau se fixează o limită maximă pentru acesta.

Orice plan de control prin sondaj este definit prin următoarele elemente:

— condițiile de recepție stabilite între furnizor și beneficiar adică mărimile $p_1, p_2 \propto \beta$;

— tipul controlului (prin atribute sau prin măsurare);

— tipul sondajului (simplu, dublu, multiplu);

— parametrii planului de control, pe baza cărora se ia decizia cu privire la acceptarea sau respingerea lotului.

11.4. CARACTERISTICA OPERATIVĂ A PLANURILOR DE CONTROL PRIN SONDAJ

Una dintre caracteristicile probabilistice importante ale planurilor de control prin sondaj este caracteristica operativă. Această caracteristică o constituie probabilitatea de acceptare P_a a lotului, în funcție de fracțiunea defectă p existentă în lot adică:

$$P_a = \frac{D}{N} \quad (11.4)$$

în care:

D — reprezintă numărul de rebuturi din lot;

N — mărimea lotului.

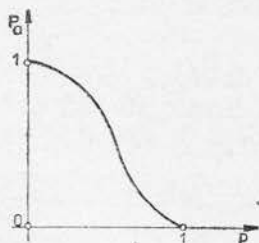


Fig. 11.1. Reprezentarea grafică a probabilității de acceptare (P_a) a unui lot de utilaje.

Reprezentarea grafică a funcției (11.4), în care pe abscisă se trece fracțiunea defectă p iar pe ordonată probabilitatea de acceptare a lotului este indicată în figura 11.1.

Dacă lotul nu conține rebuturi $D=0$ iar $p=0$, respectiv probabilitatea de acceptare $P_a=1$.

Dacă lotul conține numai rebuturi $D=N$, iar $p=1$, respectiv probabilitatea de acceptare $P_a=0$.

Un plan de control este ideal atunci când ipoteza $H_1: p \leq p_1$; se acceptă totdeauna dacă $p \leq p_1$ și se respinge cert dacă $p > p_1$.

Caracteristica operativă ideală a unui astfel de control care recepționează cu certitudine lotul când

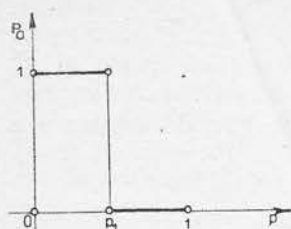


Fig. 11.2. Graficul funcției de concordanță a probabilității de acceptare (P_a).

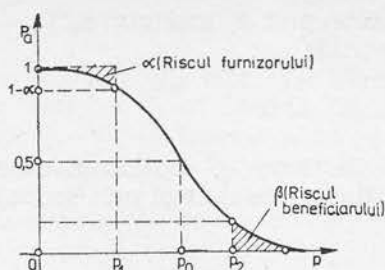


Fig. 11.3. Graficul probabilității de acceptare (P_a) a unui lot de utilaje cu punerea în evidență a riscului furnizorului (α) și riscului beneficiarului (β).

$p \leq p_1$ și îl respinge cu certitudine $p > p_1$, se caracterizează prin relațiile:

$$\left. \begin{array}{l} P_a = 0, \text{ pentru } p_1 < p \leq 1 \\ P_a = 1, \text{ pentru } 0 \leq p \leq p_1 \end{array} \right\} \quad (11.5)$$

Graficul funcției în concordanță cu relațiile (11.5) este reprezentat în figura 11.2.

Pentru trasarea curbei operative este necesar să se cunoască un număr suficient de perechi de valori ale funcției $P_a = f(p)$.

Pe baza celor de mai sus se pot scrie relațiile din tabelul 11.2.

Tabelul 11.2

Fracțiunea defectă și posibilitățile de acceptare a unui lot de utilaje defecte

Fracțiunea defectă	Probabilitatea de acceptare corespunzătoare	Fracțiunea defectă	Probabilitatea de acceptare corespunzătoare
$0 \leq p \leq p_1$	$1 - \alpha \leq P \leq 1$	$p = p_1$	$P = 1 - \alpha$
		$p = p_0$	$P = 0,5$
$p_1 < p < p_2$	$\beta < P < 1 - \alpha$	$p = p_2$	$P = \beta$
$p_2 \leq p \leq 1$	$0 \leq P \leq \beta$	$p = 0$	$P = 1$
		$p = 1$	$P = 0$

Curba operativă, trasată, conform considerentelor de mai sus, este reprezentată în figura 11.3.

Cu cât panta curbei este mai abruptă cu atât controlul este mai sever și ne apropiem de cazul ideal reprezentat în figura 11.2. Invers, cu cât panta se diminuează, cu atât controlul este mai puțin sever. Planul de control prin sondaj este cu atât mai eficient cu cât separă loturi cu fracțiuni de-

fecte p și p_2 mai apropiate. Ca măsură a eficienței controlului se ia raportul:

$$\gamma = \frac{p_1}{p_2} \quad (11.6)$$

Raportul γ , reprezintă capacitatea de discriminare sau de separare a planului de control prin sondaj.

11.5. CONTROLUL DE RECEPȚIE PRIN ATRIBUTE

Controlul de recepție al produselor prin atribute se clasifică direct în „corespunzătoare” și „rebut”.

Intrucât produsul controlat, din punct de vedere al caracteristicii se consideră fie corespunzător, fie rebut, convenim să simbolizăm aceste două rezultate cu „1” sau cu „0”. Cum fracțiunea defectă a lotului este p , aceasta reprezentând tocmai probabilitatea de a extrage un produs necorespunzător, rezultă că repartiția caracteristicii de calitate X , pentru o singură observație se poate scrie sub forma:

$$X \begin{Bmatrix} 0 & 1 \\ p & 1-p \end{Bmatrix} \quad (11.7)$$

și depinde numai de parametrul p . De aici și concluzia că, dacă se cunoaște p , se cunoaște și repartiția caracteristicii X .

În legătură cu cele menționate se va prezenta în continuare modul de elaborare și aplicare a următoarelor tipuri de control:

- planuri de control de tipul sondajului simplu;
- planuri de control de tipul sondajului secvențial;
- planuri de control de tipul sondajului dublu și multiplu bazate pe sondajul secvențial trunchiat.

11.5.1. PLANURI DE CONTROL PRIN ATRIBUTE DE TIPUL SONDAJULUI SIMPLU

Printr-un astfel de control avem de testat ipoteza $H_0: p \leq p_1$, în care caz lotul se acceptă sau se respinge în caz contrar, pe baza unui eșantion de mărime n .

Fiind fixate mărimile α , β , p_1 și p_2 se pot determina următorii parametri ai planurilor de control prin sondaj:

- mărimea n a eșantionului ce trebuie extras din lot și verificat;
- numărul maxim de rebuturi din eșantion care condiționează acceptarea sau respingerea lotului. Numărul de acceptare se simbolizează cu A .

Intrucât valoarea parametrului p este necunoscută (fracțiunea defectă a lotului) se utilizează în calcul estimatorul P_d (fracțiunea defectă a eșantionului) care se poate determina cu relația:

$$P_d = \frac{n}{d} \quad (11.8)$$

în care d este numărul rebuturilor din eşantion, iar n este mărimea eşantionului.

În cazul în care fracţiunea defectă a eşantionului (p_d) este mai mică sau egală cu fracţiunea defectă acceptată (p_1) ipoteza H_1 se acceptă. Dacă însă avem situaţia contrarie adică $p_d > p_1$, ipoteza H_1 se respinge.

În practică luarea deciziei de acceptare sau respingere a lotului se face direct pe baza numărului de rebuturi d din eşantion. Prin aceasta se stabileşte o limită superioară A care poartă denumirea de *număr de acceptare*.

$$0 \leq A < n < N \quad (11.9)$$

Fiind vorba de sondaj simplu numărul de respingere R va fi:

$$R = A + 1. \quad (11.10)$$

În acest caz verificarea ipotezei $H_1 : p \leq p_1$ se face astfel:

— dacă numărul de rebuturi din eşantion este $d < A$ se acceptă ipoteza H_1 şi lotul se recepţionează;

— dacă numărul de schimburi din eşantion este $d > A$, se respinge ipoteza H_1 şi lotul se refuză ca necorespunzător.

Pentru determinarea caracteristicilor numerice ale planului de control este necesar să se cunoască α , β , p_1 , p_2 şi legea de repartitie a variabilei aleatoare d (numărul de rebuturi în eşantion).

Dacă admitem că într-un lot de mărime N se găsesc D rebuturi şi $(N-D)$ produse corespunzătoare cu $D + (N-D) = N$ şi din lot se fac n extracţii succesive fără să se pună exemplarul verificat înapoi (schema bilei nerevenite).

În acest caz, probabilitatea ca în n extracţii să obţinem d rebuturi şi $(n-d)$ produse bune cu $d + (n-d) = n$, are următoarea expresie:

$$P(d; N; n; D) = \frac{C_D^d \cdot C_{N-D}^{n-d}}{C_n^n}. \quad (11.11)$$

Expresia (11.11), arată că repartitia caracteristicii are un caracter hipergeometric cu parametrii $M[d] = n \cdot p$ şi $\sigma_d^2 \cdot b \cdot d \cdot u = \frac{N-n}{N-1}$

Printr-o serie de simplificări relaţia (11.11) devine:

$$P(d; N; n; D) = C_n^d \frac{\left[p \left(p - \frac{1}{N} \right) \cdot \dots \cdot \left(p - \frac{d-1}{N} \right) \right] \left[(1-p) \left(1-p - \frac{1}{N} \right) \cdot \dots \cdot \left(1-p - \frac{n-d-1}{N} \right) \right]}{1 \left(1 - \frac{1}{N} \right) \left(1 - \frac{2}{N} \right) \cdot \dots \cdot \left(1 - \frac{n-1}{N} \right)}. \quad (11.12)$$

Din relaţia (11.12) se deduce probabilitatea de acceptare:

$$\begin{aligned} P_a &= P(d \leq A) = \sum_{d=0}^A P(d; N; n; D) = \\ &= \sum_{d=0}^A C_n^d \frac{\left[p \left(p - \frac{1}{N} \right) \cdot \dots \cdot \left(p - \frac{d-1}{N} \right) \right] \left[(1-p) \left(1-p - \frac{1}{N} \right) \cdot \dots \cdot \left(1-p - \frac{n-d-1}{N} \right) \right]}{1 \left(1 - \frac{1}{N} \right) \left(1 - \frac{2}{N} \right) \cdot \dots \cdot \left(1 - \frac{n-1}{N} \right)} \end{aligned} \quad (11.13)$$

Ținându-se seamă de relația (11.13), probabilitatea de acceptare în funcție de fracțiunea defectă p , are următoarea expresie generală:

$$P_a(p) = \begin{cases} 1 & \text{dacă } 0 \leq p \leq \frac{A}{N} \\ \frac{\sum_{d=0}^A C_n^d \left[p \left(p - \frac{1}{N} \right) \cdots \left(p - \frac{d-1}{N} \right) \right] \left[(1-p) \left(1-p - \frac{1}{N} \right) \cdots \left(1-p - \frac{n-d-1}{N} \right) \right]}{1 \left(1 - \frac{1}{N} \right) \left(1 - \frac{2}{N} \right) \cdots \left(1 - \frac{n-1}{N} \right)} & \text{dacă } \frac{A}{N} < p \leq 1 - \frac{n-d-1}{N} \\ 0 & \text{dacă } 1 - \frac{n-d-1}{N} < p \leq 1 \end{cases} \quad (11.14)$$

În cazul în care volumul lotului de produse este mare, $N \geq 60$ iar volumul eșantionului este mic ($n/N \leq 0,1$) se aproximează repartiția hipergeometrică cu o repartiție binomială calculabilă cu relația

$$B(d; n; p) = C_n^d \cdot p^d \cdot q^{n-d}, \quad d=0, 1, \dots, n \quad (11.15)$$

cu medie $n \cdot p$ și dispersia $\sigma^2 = n \cdot p \cdot q$

În acest caz, probabilitatea de acceptare P_a , α și β se determină cu relațiile:

$$\left. \begin{aligned} P_a &= \sum_{d=0}^A C_n^d \cdot p^d (1-p)^{n-d} \\ \sum_{d=0}^A C_n^d \cdot p_1^d (1-p_1)^{n-d} &= 1-\alpha \\ \sum_{d=0}^A C_n^d \cdot p_2^d (1-p_2)^{n-d} &= \beta \end{aligned} \right\} \quad (11.16)$$

Dacă p este mic ($p \leq 0,1$) și n mare ($n \geq 30$), astfel $n/N \leq 0,05$, obținem o aproximare a repartiției hipergeometrice cu repartiția Poisson avînd media și dispersia $\lambda = n \cdot p$.

În acest caz, relațiile (11.14) devin:

$$\left. \begin{aligned} P_a &= \sum_{d=0}^A \frac{(n \cdot p)^d}{d!} e^{-np} \\ \sum_{d=0}^A \frac{(n \cdot p_1)^d}{d!} e^{-np_1} &= 1-\alpha \\ \sum_{d=0}^A \frac{(n \cdot p_2)^d}{d!} e^{-np_2} &= \beta \end{aligned} \right\} \quad (11.17)$$

Adesea, chiar utilizarea repartiției Poisson pentru determinarea parametrilor n și A este anevoioasă. De aceea se utilizează repartiția X^2 cu s grade de libertate.

$$\chi_{(p; \beta)}^2 = \chi_{[q; 2(A+1)]}^2 = 2np \quad (11.18)$$

adică:

$$p = \frac{1}{2n} \chi^2_{[p; 2(A+1)]} \quad (11.19)$$

unde $a(A+1)$ reprezintă numărul gradelor de libertate.

Pentru cele două valori ale fracțiunii defecte p_1 și p_2 , se obțin două valori χ^2 , corespunzătoare numărului gradelor de libertate $(2(A+1))$ și probabilităților $1-\alpha$ și β . Deci

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2n} \chi^2_{[1-\alpha; 2(A+1)]} &\geq p_1 \\ \frac{1}{2n} \chi^2_{[\beta; 2(A+1)]} &\leq p_2 \end{aligned} \right\} \quad (11.20)$$

Din relația (11.20) rezultă că:

$$\frac{\chi^2_{[\beta; 2(A+1)]}}{2p_2} \leq n \leq \frac{\chi^2_{[1-\alpha; 2(A+1)]}}{2p_1} \quad (11.21)$$

Pentru ușurarea calculului au fost întocmite tabele de forma tabelului 11.3, cu valorile parametrilor n (volumul eșantionului) și A (numărul de acceptare) pentru diferite valori ale lui α , β , p_1 și p_2 .

Tabelul 11.3

Calculul riscurilor furnizorului (α) și beneficiarului (β)

1- α =0,975; β =0,05				1- α =0,95; β =0,05			
p_1	p_2	n	A	p_1	p_2	n	A
0,005	0,02	665	6	0,005	0,02	524	5
	0,03	282	3		0,03	277	3
0,01	0,03	614	10	0,01	0,03	503	8
	0,04	327	6		0,04	262	5
	0,05	201	4		0,05	168	4
0,02	0,04	935	26	0,02	0,04	821	23
	0,05	482	15		0,05	387	12
	0,06	307	10		0,06	252	8
	0,07	217	8		0,07	167	6
	0,08	163	6		0,08	131	5
0,03	0,06	623	26	0,03	0,06	548	23
	0,07	388	17		0,07	333	15
	0,08	258	12		0,08	229	17
	0,09	205	10		0,09	168	8
0,4	0,08	468	26	0,04	0,08	411	23
	0,09	330	19		0,09	271	16
	0,10	241	15		0,10	194	12

Spre deosebire de sondajul simplu, la care mărimea eșantionului se stabilește de la început, iar decizia de acceptare sau de respingere a lotului se ia numai după verificarea întregului eșantion, sondajul secvențial se caracterizează prin aceea că numărul unităților care controlează nu este fixat dinainte, decizia luându-se în urma verificării unității.

Avantajul principal al controlului secvențial constă în faptul că asigură o mai mare rapiditate în luarea deciziilor atunci când calitatea lotului, caracterizată prin fracțiunea defectă p , este ori foarte bună ori foarte slabă (adică $p \ll p_1$ și respectiv $p \gg p_2$).

În mod implicit rezultă că prin controlul secvențial se micșorează numărul unităților controlate și deci cheltuielile de control.

Modul de efectuare a controlului de calitate (pentru loturi mari). Considerăm variabila aleatoare x_i care poate lua valoarea 1 sau 0, după cum produsul controlat este bun sau rebut. Notînd cu p probabilitatea de a extrage un rebut și cu $(1-p)$ probabilitatea de extracție a unui produs bun, putem defini funcția de verosimilitate corespunzătoare variabilelor $x_1, x_2, \dots, x_n$ care compun sondajul, cu relația:

$$\prod_{i=1}^n p^{x_i} (1-p)^{1-x_i} \quad (11.17)$$

iar raportul de verosimilitate cu expresia:

$$\frac{p_{2n}}{p_{1n}} = \prod_{i=1}^n \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{x_i} \left(\frac{1-p_2}{1-p_1} \right)^{1-x_i} \right] = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{d_n} \left(\frac{1-p_2}{1-p_1} \right)^{n-d_n} \quad (11.18)$$

în care:

- d_n — reprezintă numărul total de rebuturi găsite printre cele n produse controlate;
- p_{1n} — probabilitatea ca sondajul de mărime n să conțină d_n rebuturi dacă lotul conține D_1 rebuturi, adică $p > p_1$;
- p_{2n} — probabilitatea ca sondajul de mărime n să conțină d_n rebuturi dacă lotul conține D_2 rebuturi, adică $p < p_2$.

Raportul p_{2n}/p_{1n} se calculează după fiecare extracție, n luînd valori succesive începînd cu 1.

Dacă $p_{2n} > p_{1n}$, atunci este mai rațional să presupunem că ipoteza $H_2: p \geq p_2$ este adevărată, presupunere cu atît mai justificată cu cît raportul p_{2n}/p_{1n} este mai mare decît 1.

Dacă $p_{2n} < p_{1n}$, atunci este mai rațional să presupunem că ipoteza $H_1: p \leq p_1$ este adevărată, presupunere cu atît mai adevărată cu cît raportul p_{2n}/p_{1n} este mai mic decît 1.

Dacă nu se îndeplinește nici una dintre cele două inegalități atunci controlul se continuă extrăgîndu-se o nouă unitate de produs ($n+1$).

WALD a stabilit următoarele relații pentru luarea deciziei:

$$\frac{p_{2n}}{p_{1n}} \leq \frac{\beta}{1-\alpha}, \text{ acceptarea ipotezei } H_1, \text{ deci acceptarea lotului; } \quad (11.19)$$

$$\frac{p_{2n}}{p_{1n}} \geq \frac{1-\beta}{\alpha}, \text{ acceptarea ipotezei } H_2, \text{ deci respingerea lotului; } \quad (11.20)$$

$$\frac{\beta}{1-\alpha} < \frac{p_{2n}}{p_{1n}} < \frac{1-\beta}{\alpha}, \text{ controlul continuă } \quad (11.21)$$

Calculul raportului probabilităților după fiecare unitate extrasă și controlată face incomodă aplicarea planului și, de aceea, pentru luarea mai rapidă a deciziei se calculează numerele specifice de rebuturi și anume numărul de acceptare A_n și numărul de rebuturi R_n cu relațiile:

$$\left. \begin{aligned} A_n &= \rho \cdot n + h_1 \\ R_n &= \rho \cdot n + h_2 \end{aligned} \right\} \quad (11.22)$$

$$\rho = \frac{\log \frac{1-p_1}{1-p_2}}{\log \frac{p_2}{p_1} - \log \frac{1-p_2}{1-p_1}} \quad (11.23)$$

$$h_1 = \frac{\log \frac{\beta}{1-\alpha}}{\log \frac{p_2}{p_1} - \log \frac{1-p_2}{1-p_1}} \quad (11.24)$$

$$h_2 = \frac{\log \frac{1-\beta}{\alpha}}{\log \frac{p_2}{p_1} - \log \frac{1-p_2}{1-p_1}} \quad (11.25)$$

La aceste relații s-a ajuns pornindu-se de la (11.18) ținându-se apoi cont de condițiile de acceptare (11.29) și (11.20) și logaritmându-se expresiile obținute.

Pentru orice număr n de produse extrase se stabilește numărul efectiv de rebuturi d_n care se compară cu A_n și R_n iar decizia se ia astfel:

— dacă $d_n \leq A_n$, lotul se acceptă; (11.26)

— dacă $d_n \geq R_n$, lotul se respinge; (11.27)

— dacă $A_n < d_n < R_n$, se continuă sondajul. (11.28)

Întrucît valorile p , p_2 , α și β sînt constante, rezultă că și mărimile ρ , h_1 și h_2 ale unui plan de control secvențial sînt constante. De aici, cu atît A_n cît și R_n se modifică linear, în funcție de variația n a sondajului. Această dependență este reprezentată în figura 11.4.

Dreapta care determină valorile numărului de acceptare intersectează axa ordonatelor în h_1 , iar dreapta de respingere în h_2 . Coeficientul unghiular ρ al ambelor drepte este același și de aceea cele două drepte sînt paralele.

Întrucît h_1 este totdeauna negativ, rezultă că decizia de acceptare nu se poate lua decît după verificarea a cel puțin unui număr de unități:

$$n = \frac{|h_1|}{\rho}, \quad (11.29)$$

căreia îi corespunde un număr de acceptare $A_n = 0$.

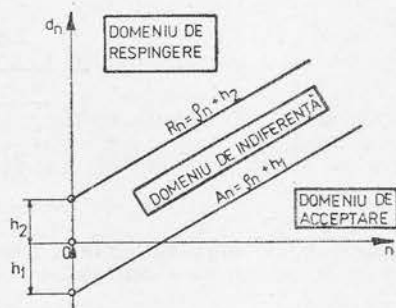


Fig. 11.4. Dependenta numărului efectiv de rebuturi d_n de numărul produselor n .

Se menționează că pentru:

$$n < \frac{|h_1|}{\rho}, \quad (11.30)$$

numărul de acceptare A_n este negativ și deci lipsit de sens.

Funcția caracteristică operativă este dată de expresia:

$$P_a(p) = \frac{1 - \left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)^{h(p)}}{\left(\frac{1-\beta}{\beta}\right)^{h(p)} - \left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)^{h(p)}} \quad (11.31)$$

cu relația:

$$p = \frac{1 - \left(\frac{1-p_2}{1-p_1}\right)^h}{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^h - \left(\frac{1-p_2}{1-p_1}\right)^h} \quad (11.32)$$

Pe baza relațiilor (11.17), (11.31) și (11.32) se obține ecuația

$$\sum_{x=1}^1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^x \left(\frac{1-p_2}{1-p_1}\right)^{1-x} \right]^h : p^x (1-p)^{1-x} = 1. \quad (11.33)$$

Aplicația 11.1. Să se calculeze mărimile h_1 , h_2 , A_n și R_n pentru un lot de 3 000 bobine cunoscându-se că

$$p_1 = 0,005; \quad p_2 = 0,002; \quad \alpha = 0,05; \quad \beta = 0,10.$$

Determinăm pe ρ , h_1 și h_2 cu relațiile (11.23), (11.24) și (11.25)

$$\rho = \frac{\log \frac{1-0,005}{1-0,002}}{\log \frac{0,02}{0,005} - \log \frac{1-0,002}{1-0,005}} = 0,0108;$$

$$h_1 = \frac{\log \frac{0,10}{1-0,005}}{\log \frac{0,02}{0,005} - \log \frac{1-0,02}{1-0,005}} = 1,606;$$

$$h_2 = \frac{\log \frac{1-0,10}{0,05}}{\log \frac{0,02}{0,005} - \log \frac{1-0,02}{1-0,005}} = 2,06.$$

Rezultă numerele de acceptare și de respingere:

$$A_n = 0,0108 n - 1,606 \quad \text{și} \quad R_n = 0,0108 n + 2,06.$$

Admițind că după extracția a 200 de produse am obținut două rebuturi, decizia va fi: de continuare a sondajului deoarece:

$$A_{200} = 0,0108 \cdot 200 - 1,606 = 0,554 \approx 1;$$

$$R_{200} = 0,0108 \cdot 200 + 2,06 = 4,220 \approx 4.$$

Deci $d_n = 2$ este cuprins între $A_n = 1$ și $R_n = 4$.

11.5.3. VERIFICAREA CALITĂȚII LOTURILOR DE PRODUSE PRIN REGULA SCORULUI

Această metodă constituie o variantă a sondajului secvențial. Pentru determinarea condiției de acceptare și a celei de respingere, avînd în vedere că $A_n \geq d_n \geq R_n$, relațiile (11.22), se pot scrie sub forma:

$$\left. \begin{aligned} n - \frac{d_n}{\rho} + \frac{h_1}{\rho} &> 0 \\ n - \frac{d_n}{\rho} + \frac{h_2}{\rho} &> 0 \end{aligned} \right\} \quad (11.34)$$

Sistemul (11.34) se mai poate scrie sub forma:

$$\left. \begin{aligned} \frac{h_2}{\rho} + (n - d_n) - d_n \frac{1 - \rho}{\rho} &> \frac{h_2 - h_1}{\rho} \\ \frac{h_2}{\rho} + (n - d_n) - d_n \frac{1 - \rho}{\rho} &< 0. \end{aligned} \right\} \quad (11.35)$$

Prima relație din sistemul (11.35) dă condiția de acceptare a ipotezei H_1 (lot corespunzător), iar a doua relație dă condiția de acceptare a ipotezei alternative H_2 (deci de respingere a lotului de produse).

Așadar, parametrii planului de control în funcție de care se iau deciziile sînt:

$$\frac{h_2}{\rho}, \quad \frac{h_2 - h_1}{\rho} \quad \text{și} \quad \frac{1 - \rho}{\rho} \quad (11.36)$$

Mărimea $\frac{h_2}{\rho}$ se numește *handicap* sau *scor*.

11.5.4. LIMITAREA SAU TRUNCHIEREA SONDAJULUI SECVENȚIAL

În cazul cînd ne propunem limitarea controlului secvențial la un număr de maxim produse, spunem că se aplică metoda trunchierii sondajului secvențial, cu aceleași relații de calcul expuse la paragraful 11.5.2.

11.5.5. PLANURI DE SONDAJ DUBLU

Caracteristic acestui tip de planuri este faptul că decizia finală cu privire la calitatea lotului se ia pe baza informațiilor furnizate de două eșantioane n_1 și respectiv n_2 cu $n_2 > n_1$.

Parametrii planului de control sînt:

- mărimile eșantioanelor n_1 și n_2 ;
- numerele de acceptare A_1 și A_2 ;
- numerele de respingere R_1 și R_2 .

Pentru ușurința calculului, în practică, parametrii planului de sondaj dublu se determină pornindu-se de la numărul maxim de unități, ce se vor controla (stabilit prin trunchiere) și fixîndu-se $n_2 = 2n_1$.

În aceste condiții rezultă sistemul:

$$\left. \begin{aligned} n_1 &= \frac{n_0}{1}; & n_2 &= \frac{2n}{3} \\ A_1 &= \rho n_1 + h_1 \\ R_1 &= \rho n_1 + h_2 \\ A_2 &= A_{n_0} = \rho n_0 + h_1 \\ R_2 &= A_2 + 1 = A_{n_0} + 1 \end{aligned} \right\} \quad (11.37)$$

Fiind precizate mărimile p_1, p_2, α și β , mărimile ρ, h_1, h_2 se determină cu relațiile stabilite planul secvențial.

Aplicarea planului se face astfel:

— se extrage întâmplător din lot un eșantion de mărime n_1 și se controlează; dacă în eșantion se găsește un număr de rebuturi $d_1 \leq A_1$, lotul se acceptă; dacă însă $d_1 \geq R_1$, lotul se respinge;

— dacă $A_1 < d_1 < R_1$ se extrage al doilea eșantion n_2 și se stabilește numărul de rebuturi d_2 din ambele eșantioane. Dacă $d_2 \leq A_2$ lotul se acceptă, iar dacă $d_2 \geq R_2$, lotul se respinge.

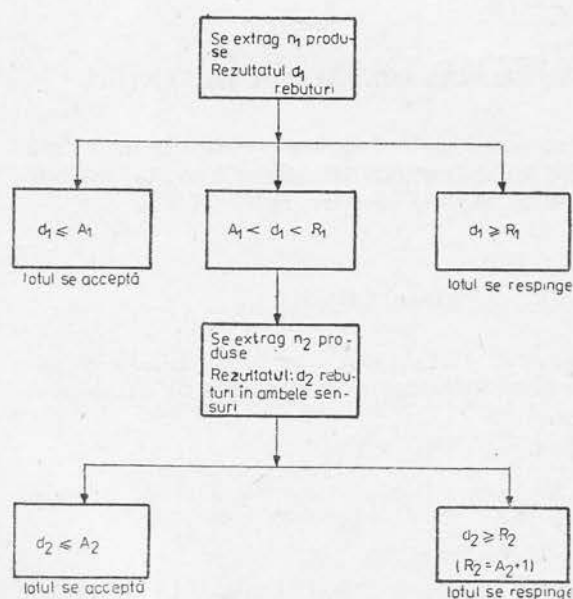
Schema reprezentativă a unui plan de sondaj dublu este dată în figura 11.5.

Aplicația 11.2. Să se calculeze elementele unui plan de sondaj dublu: cunoscându-se că pe baza celor convenite între furnizor și beneficiar, la recepționarea loturilor, s-a stabilit ca $p_1=0,005; p_2=0,02; \alpha=0,05; \beta=0,1$.

Făcând calculele obținem: $\rho=0,0108; h_1=-1,606; h_2=2,06$.

În urma trunchierii a rezultat $n_0=859$. În acest caz mărimile celor două eșantioane vor fi egale cu:

$$n_1 = \frac{n_0}{3} = \frac{859}{3} = 286 \text{ și } n_2 = \frac{2n_0}{3} = \frac{2 \cdot 859}{3} = 572.$$



Numerele de acceptare și de respingere vor fi:

— pentru primul eșantion:

$$A_1 = 0,0108 \cdot 286 - 1,606 = 1,48 \approx 1;$$

$$R_1 = 0,0108 \cdot 286 + 2,06 = 5,1523 \approx 5.$$

— pentru al doilea eșantion:

$$A_2 = 0,0108 \cdot 859 - 1,606 = 7,6712 \approx 8;$$

$$R_2 = 7,6712 + 1 = 8,6712 \approx 9.$$

Controlul se va desfășura astfel:

— dacă din cele 286 produse care alcătuiesc primul eșantion este necorespunzător cel mult unul, lotul se acceptă;

— dacă se obțin 5 sau mai mult de 5 rebuturi, lotul se respinge ca necorespunzător;

— dacă însă se obțin 2...4 rebuturi, se extrage al doilea eșantion cu mărimea de 572 exemplare.

Fig. 11.5. Schema reprezentativă a unui plan de sondaj.

Decizia finală în acest caz se ia astfel:

- de acceptare dacă suma produselor necorespunzătoare din ambele eşantioane este cel mult 8;
- de respingere dacă suma produselor necorespunzătoare din ambele eşantioane este 9 sau mai mare.

11.5.6. PLANURI DE SONDAJ MULTIPLU

Principiul care stă la baza acestor planuri este similar celui care stă la baza sondajului dublu, cu deosebirea că se iau pentru control mai mult decât două eşantioane, iar decizia finală se ia după a i -lea eşantion.

Parametrii planului sînt următorii:

- n , numărul de eşantioane;
- i , numărul de eşantioane;
- $A_n, A_{2n}, \dots, A_{in}$, numerele de acceptare;
- $R_n, R_{2n}, \dots, R_{in}$, numerele de respingere.

Determinarea acestor parametri se bazează pe datele planurilor de control secvențial, utilizîndu-se totodată trunchierea prin determinarea lui n_0 .

În practică, pentru i se ia valorile: $5 \leq i \leq 10$.

Modul de lucru este următorul:

- se determină parametrii ρ, h_1 și h_2 ;
- se calculează numărul maxim n_0 al unităților ce se vor controla;
- se determină mărimea grupei n cu relația:

$$\frac{n_0}{10} \leq n \leq \frac{n_0}{5} \text{ (deoarece } i \geq \frac{n_0}{n} \text{ și deci } 5 \leq \frac{n_0}{n} \leq 10).$$

Pentru determinarea lui n este necesar ca:

- n_0 să fie multiplu întreg a lui n , adică $n_0 \approx i \cdot n$. ($i=5,6, \dots, 10$);
- n se face egal cu $1/\rho$ sau multiplu întreg al expresiei $n=a/\rho$ ($a=1,2, \dots$).

După aceea se determină numerele de acceptare și de respingere: $A_{1n}, A_{2n}, \dots, A_{in}$, respectiv $R_n, R_{2n}, \dots, R_{in}$.

Numerele de acceptare și cele de respingere pentru ultima serie se determină cu sistemul de relații:

$$\begin{aligned} A'_{in} &= \frac{A_{in} + R_{in}}{2} - 1; \\ A'_{in} &= \frac{A_{in} - R_{in}}{2} \end{aligned} \quad (11.38)$$

Ținîndu-se seamă de cele menționate, modul de lucru este următorul:

Din lotul supus controlului se extrage prima serie compusă din n unități și se stabilește numărul de rebuturi d_n , care se compară cu numărul de acceptare A_n și de respingere R_n , corespunzătoare primei serii.

Dacă:

- $d_n \leq A_n$, verificarea lotului se oprește și se ia decizia de acceptare;
- $d_n \geq R_n$, lotul se respinge;

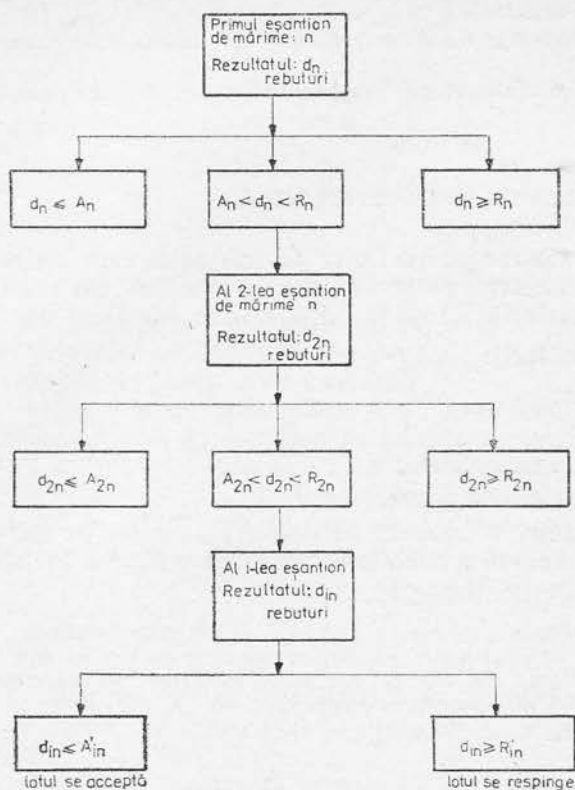


Fig. 11.6. Schema unui plan de control secvențial pe loturi.

— $A_n < d_n < R_n$, se prelevează o nouă serie de n unități și se stabilește numărul de rebuturi d_{2n} , care se compară cu numerele A_{2n} și R_{2n} .

Dacă:

— $d_{2n} \leq A_{2n}$, lotul se acceptă;

— $d_{2n} \geq R_{2n}$, lotul se respinge;

— $A_{2n} < d_{2n} < R_{2n}$, se extrage o nouă serie de n exemplare și se stabilește numărul de rebuturi d_{3n} .

Verificarea continuă pînă la ultima serie (i) pentru care condițiile care stau la bază sînt:

— $d_{in} \leq A_{in}$, lotul se acceptă;

— $d_{in} \geq R_{in}$, lotul se respinge;

Schematic planurile de control se prezintă ca în figura 11.6.

11.6. CONTROLUL STATISTIC DE RECEPȚIE PRIN MĂSURARE

Controlul statistic de recepție prin măsurare se aplică în cazul cînd caracteristica controlată X este măsurabilă. Se presupune că în cazul acestui control valorile caracteristicii de calitate sînt repartizate normal $N(m; \sigma)$ sau suficient de apropiat de legea normală.

Pentru cazul legii normale, densitatea de probabilitate este dată de relația:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (11.39)$$

care, în aplicații, devine:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad (11.40)$$

în care s-a făcut schimbarea de variabilă $z = \frac{x-m}{\sigma}$ (z — variabilă aleatoare normată) care urmează o lege de repartiție normală $N(0; 1)$.

Utilizându-se expresia funcției repartiției normale, fracțiunea defectă p se determină cu relația:

$$p_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Z_i} e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (11.41)$$

în cazul limitei de toleranță inferioară sau cu

$$p_s = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{Z_s}^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (11.42)$$

în cazul limitei de toleranță superioară T_s în care:

$$Z_s = \frac{T_s - m}{\sigma}, \text{ iar } Z_i = \frac{T_i - m}{\sigma}, \quad (11.43)$$

cu $Z_i = Z_s = Z$, ținând seama de simetria repartiției normale.

Utilizându-se funcția lui LAPLACE $\phi(z)$ fracțiunea defectă p se determină astfel:

— dacă caracteristica este limitată atât inferior (T_i) cât și superior (T_s), atunci:

$$p = 1 - 2\phi(z); \quad (11.44)$$

— dacă caracteristica este limitată numai inferior (T_i), atunci:

$$p = 0,5 - \phi(z); \quad (11.45)$$

— dacă caracteristica este limitată numai superior (T_s), atunci:

$$p = 0,5 - \phi(z). \quad (11.46)$$

La acest control verificarea ipotezei $H_1: p \leq p_1$, cu alternativa $H_2: p \geq p_2$, este echivalentă cu verificarea ipotezei

$$H_1: Z_p \geq Z_{p1}, \text{ cu alternativa } H_2: Z_p \leq Z_{p1}. \quad (11.47)$$

Testarea se face pe baza unui eșantion extras din lot după anumite scheme de prelevare.

CAPITOLUL 12

FIABILITATEA ECHIPAMENTELOR INDUSTRIALE

12.1. DATE INTRODUCTIVE

În condițiile în care se lucrează cu echipamente, utilaje și instalații moderne și complexe prezintă o importanță primordială asigurarea unei utilizări eficiente și cât mai complete a acestora pe întreaga lor durată de funcționare.

Deci, dacă prin calitatea unui produs înțelegem gradul sau nivelul prin care acesta corespunde necesităților statice la un moment dat, atunci prin fiabilitate se înțelege utilizarea produsului la parametrii proiectați exploatarea lui sigură și continuă, în condiții determinate, pe parcursul unei durate de timp date.

Conform definiției COMISIEI ELECTROTEHNICE INTERNAȚIONALE (C.E.I.), fiabilitatea constituie caracteristica unui dispozitiv sau aparat, exprimată prin probabilitatea cu care el îndeplinește o funcție necesară, în condiții date, pe o perioadă de timp dată.

Fiabilitatea se exprimă printr-o funcție care reprezintă probabilitatea evenimentului ca timpul T de funcționare fără defecțiuni să depășească timpul t prescris:

$$R(t) = P(T > t). \quad (12.1)$$

Această probabilitate are valoarea cuprinsă între 0 și 1.

Fiabilitatea reprezintă totodată sinteza a patru noțiuni: probabilitate; performanță și misiune de îndeplinit; condiții de funcționare și exploatare; timp de funcționare prescris.

Fiabilitatea este condiționată de asemenea, de efectuarea unor acțiuni corespunzătoare de reparații și servicii de întreținere a unui anumit utilaj sau unei anumite instalații. Deci, noțiunea de fiabilitate este strâns legată și de noțiunea de *mentenabilitate* adică de acea proprietate a unui produs, exprimată prin proprietatea ca acesta să poată fi întreținut separat într-o anumită perioadă de timp.

Fiabilitatea constituie finalmente un parametru de sinteză a cărui apreciere, în contextul cheltuielilor și termenelor de realizare se poate reprezenta grafic printr-un triunghi FCT (fiabilitate, costuri, termene de realizare), așa cum se arată în figura 12.1.

O noțiune des întâlnită în studiul fiabilității este noțiunea de *cădere*, care constituie acel defect (avarie, deranjament, ieșire din funcțiune, incident) care împiedică produsul să-și îndeplinească *una, mai multe sau toate funcțiunile* de bază prevăzute. Deci, nu orice defect a unui produs constituie o cădere. Căderile se pot clasifica în:

— *căderi parțiale* care determină încetarea îndeplinirii uneia sau mai multor funcțiuni de bază ale produsului fără a duce la scoaterea completă din funcțiune a acestuia;

— *căderi totale* care determină paralizarea tuturor funcțiunilor de bază ale produsului și au ca efect scoaterea lui din funcțiune.

După modul lor de apariția căderile se mai pot clasifica în:

— *căderi instantanee*, care apar întâmplător și au la bază defecte ascunse ale produsului.

— *căderi progresive* determinate de uzură, care apar treptat prin deplasarea parametrilor produsului de la limitele admise.

Evaluarea fiabilității se face în trei faze distincte:

1. *În faza de proiectare*, pe baza considerentelor privind concepția și proiectarea produsului precum și pe baza fiabilității componentelor sale în

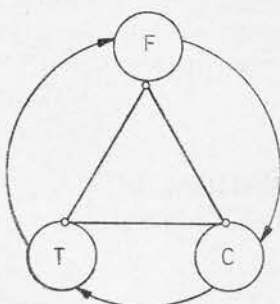


Fig. 12.1. Triunghiul fiabilitate (F), costuri (C), termene de realizare (T).

condiții de exploatare determinate; în această fază avem în vedere *fiabilitatea preliminară* (previzională sau proiectată).

2. În faza de producție, pe baza încercărilor experimentate a produselor în laboratoare, stații de încercări, standuri de probă; în această fază avem în vedere *fiabilitatea experimentală sau tehnologică*.

3. În faza de utilizare, pe baza informațiilor referitoare la comportarea produselor în exploatare, o anumită perioadă de timp; în această fază avem în vedere *fiabilitatea operațională* (efectivă la beneficiar).

Se mai poate menționa și *fiabilitatea nominală*, care reprezintă fiabilitatea unui produs prescrisă în specificații (standarde, norme interne, caiete de sarcini etc.).

12.2. INDICATORII STATISTICI AI FIABILITĂȚII

Acești indicatori sînt: timpul mediu de bună funcționare ($\bar{t}$); abaterea medie pătratică a timpilor de bună funcționare (σ_t); statistica căderilor; funcția experimentală a fiabilității [$R_N(t_i)$]; rata experimentală a căderilor [$\lambda_N(t_i)$].

În continuare, se vor analiza acești indicatori.

12.2.1. TIMPUL MEDIU DE BUNĂ FUNCȚIONARE

Timpul de bună funcționare al produselor industriale (mașini, utilaje, instalații aparate, componente etc.) este o variabilă aleatoare care posedă o anumită lege de repartiție specifică fiecărui element. Stabilirea legii de repartiție se face pe baza unor cercetări și observații statistice a timpului de funcționare a produsului.

Vom considera că se studiază modul de funcționare a N elemente fabricate și utilizate în condiții identice și vom nota cu $t_i (i=1, 2, \dots, N)$ timpul de bună funcționare a fiecărui produs pînă la momentul căderii lui.

Rezultatul observării se va caracteriza într-un șir de valori de forma: $t_1, t_2, \dots, t_N$, care reprezintă timpii de funcționare ai elementelor încercate (observate).

Familia $t_i (i=1, 2, \dots, N)$, este finită și mărginită, întrucît după o anumită perioadă de timp T , toate elementele supuse observării ies din funcțiune. Reprezentarea, rezultatelor căderilor, celor N componente identice, după un anumit timp (t_i) este indicată în figura 12.2.

Numărul inițial de elemente în funcțiune N , se micșorează după fiecare cădere cu 1.

Cu ajutorul timpilor de bună funcționare se calculează indicatorul statistic, timpul mediu de bună funcționare (MTBF), cu relația:

$$\bar{t} = \text{MTBF} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} \quad (12.2)$$

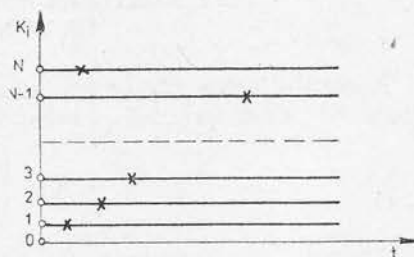


Fig. 12.2. Reprezentarea grafică a căderilor.

în care numărătorul reprezintă suma timpilor de bună funcționare a celor N elemente.

În cazul în care nu se poate înregistra timpul de bună funcționare al fiecărui element supus cercetării, datorită numărului mare de elemente, înregistrarea căderilor se face la anumite intervale de timp. Δt ($\Delta t = 1$ oră, 10 ore, 10² ore, etc.).

Presupunând că observația începe la momentul t_0 , în intervalul (t_0, t_1) unde $t_1 - t_0 = \Delta t$, cad K_1 elemente și rămân în funcțiune $K^*_1 = N - K_1$, în intervalul (t_{i-1}, t_i) cad K_i elemente, iar în cursul intervalului (t_{c-i}, t_c) cad ultimele K_c elemente, în așa fel încît la momentul t_c al încheierii observației cad toate cele N elemente N . Rezultă că:

$$\Delta t = t_1 - t_0 = t_2 - t_1 = \dots = t_i - t_{i-1} = \dots = t_c - t_{c-1} \quad (12.3)$$

iar

$$N = \sum_{i=1}^c k_i \quad (12.4)$$

K_i reprezentînd elementele căzute.

Conform acestei metode se consideră că unitatea de timp, lungimea intervalului de observare Δt , iar timpul mediu de bună funcționare se determină cu relația:

$$\bar{t} = MTBF = \frac{\sum_{i=1}^c t_i k_i}{\sum_{i=1}^c k_i} = \frac{\sum_{i=1}^c t_i k_i}{N} \quad (12.5)$$

Notîndu-se timpul de bună funcționare a celor N elemente observate cu:

$$T = \sum_{i=1}^N t_i \text{ sau } T = \sum_{i=1}^c t_i c_i \quad (12.6)$$

atunci timpul mediu de bună funcționare ($MTBF$) se mai poate calcula în relația:

$$\bar{t} = MTBF = \frac{T}{N} \quad (12.7)$$

Indicatorul $\bar{t}$ se exprimă în ore și se utilizează pentru efectuarea unor comparații privind fiabilitatea între produse similare.

12.2.2. ABATEREA MEDIE PĂTRATICĂ A TIMPILOR DE BUNĂ FUNCȚIONARE

Acest indicator exprimă gradul de împrăștiere a timpilor de bună funcționare și se determină cu relația:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2} \quad (12.8)$$

Abaterea medie pătratică a timpilor de bună funcționare caracterizează uniformitatea nivelului de fiabilitate pentru o grupă de produse de același fel.

12.2.3. STATISTICA CĂDERILOR

Repartiția statistică a căderilor, reprezentate în tabelul 12.1, se întocmește prin prelucrarea datelor observate, grupînd aceste date pe intervale.

Tabelul 12.1

Intervale de observare, frecvențe absolute și relative ale căderilor

Intervalul de observare	Frecvența absolută a căderilor	Frecvența relativă a căderilor	Frecvența absolută cumulată a căderilor	Frecvența relativă cumulată a căderilor
$t_0 - t_1$	k_1	k_1/N	k_1	k_1/N
$t_1 - t_2$	k_2	k_2/N	$k_1 + k_2$	$(k_1 + k_2)/N$
.....				
$t_{i-1} - t_i$	k_i	k_i/N	$k_1 + k_2 + \dots + k_i$	$(k_1 + k_2 + \dots + k_i)/N$
.....				
$t_{e-1} - t_e$	k_e	k_e/N	$k_1 + k_2 + \dots + k_e = N$	1,00
Total	$\sum_{i=1}^e k_i = N$	1,00	—	—

După întocmirea tabelului 12.1, se trasează histograma frecvențelor absolute, trecîndu-se pe axa absciselor intervalele de timp egale, iar pe axa ordonatelor numărul elementelor căzute (fig. 12.3.).

Pe baza datelor din coloanele 1 și 2 ale tabelului 12.1. se determină indicatorii statistici și anume:

a) **Frecvența absolută cumulată a căderilor.** Frecvența absolută cumulată a căderilor reprezintă numărul K_i de elemente defecte la momentul t_i . Numărul K_i se calculează cu relația:

$$K_i = \sum_{j=1}^i K_j \quad (12.9)$$

Reprezentarea grafică a acestui indicator se dă în figura 12.4.

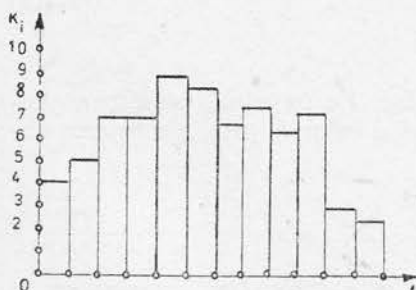


Fig. 12.3. Histograma frecvențelor absolute a becurilor căzute.

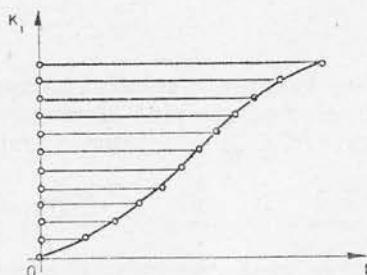


Fig. 12.4. Frecvența absolută cumulată a căderilor.

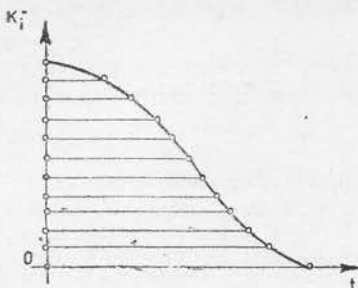


Fig. 12.5. Frecvența absolută cumulată a becurilor rămase în funcțiune.

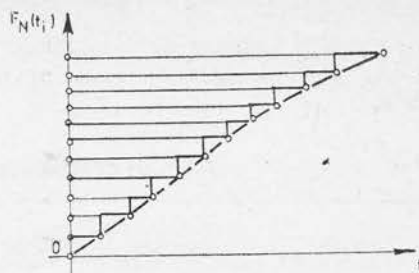


Fig. 12.6. Frecvența relativă cumulată a căderilor.

b) **Frecvența absolută a elementelor în funcțiune.** Întrucît la momentul de timp t_i suma dintre numărul de elemente căzute și numărul elementelor rămase în funcțiune (K_i^*) este egală cu numărul total de elemente (N) supuse observării, se poate calcula frecvența absolută a elementelor în funcțiune cu relația:

$$K_i^* = N - K_i \quad (12.10)$$

Reprezentarea grafică este dată în figura 12.5.

c) **Frecvența medie a căderilor.** Frecvența medie a căderilor se determină cu expresia

$$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^c k_i}{\sum_{i=1}^c t_i \dots k_i} = \frac{N}{\sum_{i=1}^c t_i \dots k_i} = \frac{N}{T} \quad (12.11)$$

Acest indicator exprimă intensitatea căderilor în unitatea de timp și reprezintă inversul indicatorului timpului mediu de bună funcționare.

$$k = \frac{N}{T} = \frac{1}{t} \quad (12.12)$$

d) **Frecvența relativă a căderilor.** Se calculează pentru fiecare interval de timp de observare cu relația:

$$f_N(t_i) = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^c k_i} \quad (12.13)$$

e) **Frecvența relativă cumulată a căderilor.** Ea exprimă ponderea produselor căzute pînă la momentul t_i din totalul celor N produse supuse observării și se determină cu relația:

$$F_N(t) = \sum_{j=1}^i f_N(t_j) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^i k_j = \frac{K_i}{N} \quad (12.14)$$

Frecvența relativă cumulată a căderilor este o funcție crescătoare în scară, a cărei valoare tinde către 1, fiind egală cu 1, în momentul căderii ultimului element (fig. 12.6).

12.2.4. FUNCȚIA EXPERIMENTALĂ A FIABILITĂȚII

Funcția experimentală a fiabilității $R_N(t_i)$ se determină ca raport între frecvența absolută a elementelor rămase în funcțiune la momentul t și numărul total de elemente N , adică

$$R_N(t_i) = \frac{K_i^*}{N}, \quad (12.15)$$

în care:

$K_i^* = N - K_i$, reprezintă numărul produselor sau elementelor rămase în funcțiune la momentul t_i ;

N — totalul produselor (elementelor) supuse observării;

K_i — exemplare căzute pînă la momentul t_i .

Ținîndu-se seamă că $K_i^* = N - K_i$, expresia (12.15) devine:

$$R_N(t_i) = \frac{N - K_i}{N} = 1 - \frac{K_i}{N} = 1 - F_N(t_i) \quad (12.16)$$

adică funcția experimentală a fiabilității este complementul pînă la 1 al frecvenței relative cumulate a căderilor respectiv

$$R_N(t_i) + F_N(t_i) = 1. \quad (12.17)$$

La momentul t_0 cînd se începe observarea, valoarea $R_N(t_i)$ este egală cu unitatea deoarece:

$$R_N(t_0) = \frac{N - 0}{N} = 1. \quad (12.18)$$

Pe măsură ce apar căderile, în urma scurgerii timpului, valoarea fiabilității scade, devenind egală cu zero, în momentul t_c , cînd au căzut toate cele N elemente observate adică:

$$R_N(t_c) = \frac{N - N}{N} = 0 \quad (12.19)$$

Graficul funcției experimentale de fiabilitate este indicat în figura 12.7.

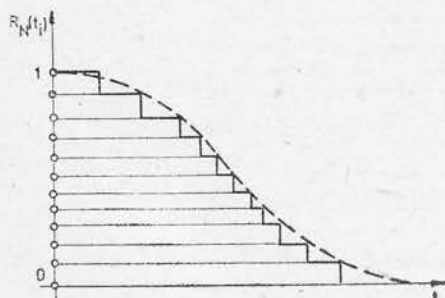


Fig. 12.7. Graficul funcției experimentale de fiabilitate.

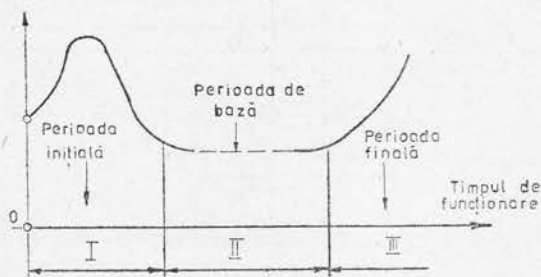


Fig. 12.8. Rata experimentală a căderilor

Este un indicator al fiabilității care ne furnizează informații în legătură cu fiabilitatea produsului la un moment dat. Acest indicator se determină cu relația:

$$\lambda_N(t_i) = \frac{K_i}{K_{i-1}^*}, \quad (12.20)$$

în care:

- k_i — reprezintă numărul elementelor căzute în intervalul de timp $(t_{i-1} - t_i)$;
 K_{i-1}^* — numărul de produse care nu au căzut pînă la momentul t_{i-1} .

Rata experimentală a căderilor este reprezentată în figura 12.8. Datorită alurei poartă denumirea de „curbă cadă de baie” și se caracterizează prin existența a trei perioade distincte:

I. **Perioada inițială sau perioada de rodaj** unde apar căderile premature care au o frecvență ridicată. În această perioadă cad elementele cele mai slabe, cu defecte ascunse ce apar după scurt timp de funcționare.

II. **Perioada normală sau perioada de viață utilă**, cu durata cea mai lungă (maturitate). În această perioadă căderile au un caracter aleator cu o rată scăzută și relativ slăbită, constantă.

III. **Perioada finală sau de uzură sau bătrînețe** caracterizată printr-o creștere bruscă a ratei căderilor datorită uzurii. În practică, s-a constatat că, pentru unele utilaje și agregate tehnologice perioada finală nu se atinge datorită în special uzurii morale care duce la scoaterea lor din folosință înainte de această perioadă.

Aplicația 12.1. Să se determine indicatorii de fiabilitate a unui lot de 84 becuri avînd puterea de 100 W, considerîndu-se că acestea sînt încercate pe o instalație de probă. Rezultatele încercărilor sînt reprezentate în tabelul 12.2.

Pentru determinarea indicatorilor de fiabilitate a lotului de becuri, cu ajutorul datelor din tabelul 12.2, se trasează *curba empirică de supraviețuire* a becurilor, într-un sistem de axe, avînd pe axa absciselor, durata de ardere a becurilor iar pe axa ordonatelor numărul de becuri rămase în funcțiune (fig. 12.10).

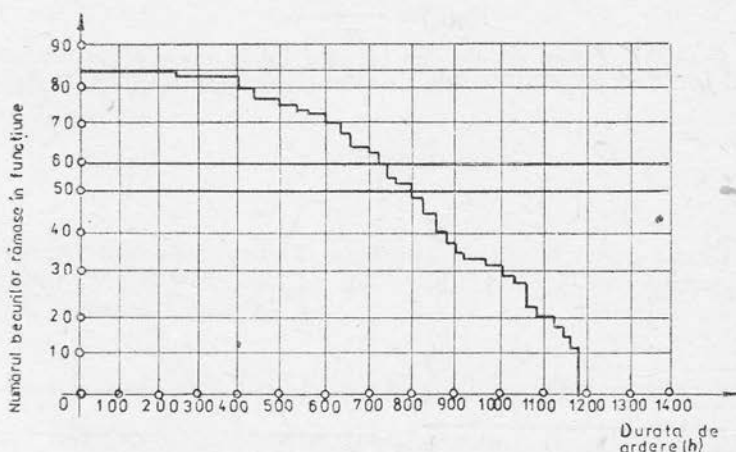


Fig. 12.9. Diagrama numărului becurilor rămase în funcțiune în funcție de durata de ardere (ore).

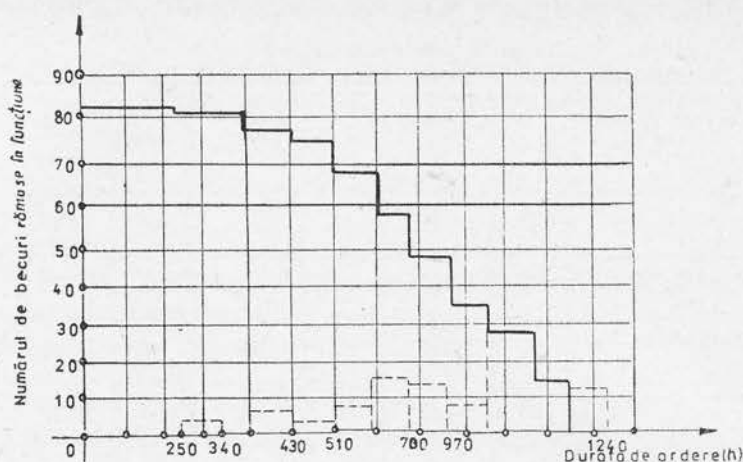


Fig. 12.10. Diagrama numărului becurilor rămase în funcțiune repartizate pe intervale de durată de ardere.

Din figura 12.9 se constată că, odată cu arderea unui bec, efectivul rămas în funcțiune se micșorează cu 1 (treptele curbei de supraviețuire corespund căderilor becurilor).

În continuare, se calculează timpul mediu de ardere $\bar{t}$ și abaterea medie pătratică σ .

Timpul mediu de ardere se determină cu relația:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} = \frac{73\,785}{84} = 878,39 \text{ h.} \quad (12.21)$$

Abaterea medie pătratică, a duratei de ardere, se determină cu relația:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[\sum_{i=1}^N t_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^N t_i \right)^2}{N} \right]} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{83} \left[69\,255\,823 - \frac{(73\,785)^2}{84} \right]} = 230 \text{ h.} \end{aligned} \quad (12.22)$$

Pentru a pune mai bine în evidență caracterul repartiției și legitatea care se manifestă în procesul de ardere a becurilor se alcătuiește repartiția statistică experimentală a duratelor de funcționare. În acest scop, se formează un număr de 11 intervale de timp de ardere având lungimea de 90 h. Se notează cu k_i numărul becurilor arse în sensul fiecărui interval de observație și se întocmește tabelul 12.3.

Simbolul t_i din tabelul 12.3 are următoarea semnificație:

$$t_i' = \frac{t - c}{a}, \quad (12.23)$$

în care $c=835$ h și $a=90$ h.

Tabelul 12.3

Intervale ale timpilor de ardere a becurilor testate, aferente p e grupe

Durata de ardere $t_i(h)$	k_i	t'_i	$t'_i \cdot k_i$	$t_i^2 \cdot k_i$
250— 340	1	—6	—6	36
340— 430	—	—6	—	—
430— 520	6	—4	—24	96
520— 610	5	—3	—15	45
610— 700	8	—2	—16	32
700— 790	8	—1	— 8	—
790— 880	13	0	—	—
880— 970	11	1	11	11
970—1 060	5	2	10	20
1 060—1 150	15	3	45	135
1 150—124	12	4	48	192
TOTAL	N=48	—	45	575

Ținându-se seamă de datele cuprinse în tabelul 12.3 se calculează, din nou, media și abaterea medie pătratică a timpilor de ardere

$$\bar{t} = a \frac{\sum_{i=1}^N t_i k_i}{N} + c = 90 \frac{45}{84} + 835 = 883,22 \text{ h}; \quad (12.24)$$

$$\sigma = a \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[\sum_{i=1}^N t_i'^2 \cdot k_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^N t_i' k_i \right)^2}{N} \right]} = 90 \sqrt{\frac{1}{83} \left(575 - \frac{45^2}{84} \right)} = 225,9 \text{ h}. \quad (12.25)$$

Deși parametrii ($\bar{t}$, σ) calculați în relațiile (12.24) și (12.25) sînt mai puțin exacte decît cei calculați în relațiile (12.21) și (12.22), se constată totuși o apropiere între ei.

Se determină apoi ceilalți indicatori de fiabilitate ai lotului de becuri, conform datelor cuprinse în tabelul 12.4.

Din analiza coloanei 2 a acestui tabel se constată că pînă la începutul intervalului de observație (430—520) a ars un singur bec, apoi în intervalul (520—610) ard 5 becuri, iar odată cu ultimul interval ard toate cele 84 becuri.

Indicatorii de fiabilitate cuprinși în tabelul 12.4, sînt următorii:

— frecvența relativă a căderilor în coloana 4, notată cu $f_N(t_i) = k_i/N$;

— frecvența relativă cumulată a căderilor în coloana 6, notată cu $F_N(t_i) = \sum_{j=1}^i f_N(t_j)$;

— funcția experimentală a fiabilității în coloana 6, notată cu $R_N = 1 - F_N(t_i)$;

— rata experimentală a căderilor, în coloana 7, notate cu $\lambda_N(t_i) = k_i/R_{i-1}^*$

**Intervale ale duratelor de ardere ale becurilor
și calculul indicatorilor de fiabilitate de acestora**

Durata de ardere h	Numărul de becuri		Indicatori de fiabilitate			
	arse în intervalul de timp k_i	rămase în funcțiune până la începutul intervalului K_{i-1}^*	$f_N(t_i) = k_i/N$	$F_N(t_i) = \sum_{j=1}^i f_N(t_j)$	$R_N(t_i) = 1 - F_N(t_i)$	$\lambda_N(t_i) = \frac{k_i}{K_{i-1}^*}$
250— 340	1	84	0,0119	0,0119	0,9881	0,0119
340— 430	—	83	—	0,0119	0,9881	0,0000
430— 520	6	83	0,0714	0,0833	0,9167	0,0723
520— 610	5	77	0,0595	0,1428	0,8572	0,0649
610— 700	8	72	0,0952	0,2380	0,7620	0,1111
700— 790	8	69	0,0952	0,332	0,6669	0,1250
790— 880	13	56	0,1548	0,4880	0,5120	0,2321
880— 970	11	43	0,1310	0,6190	0,3810	0,2558
970—1 060	5	32	0,0595	0,6785	0,3215	0,1563
1 060—1 150	15	27	0,1786	0,8571	0,1429	0,5556
1 150—1 240	12	12	0,1429	1,0000	1,0000	1,0060
TOTAL	84	—	1,0000	—	—	—

Pentru a se înțelege mai clar evoluția căderilor (coloana 2) și a efectivului rămas în funcțiune, până la începutul intervalului de observație (K_{i-1}^*) din coloana 3, se va urmări figura 12.10.

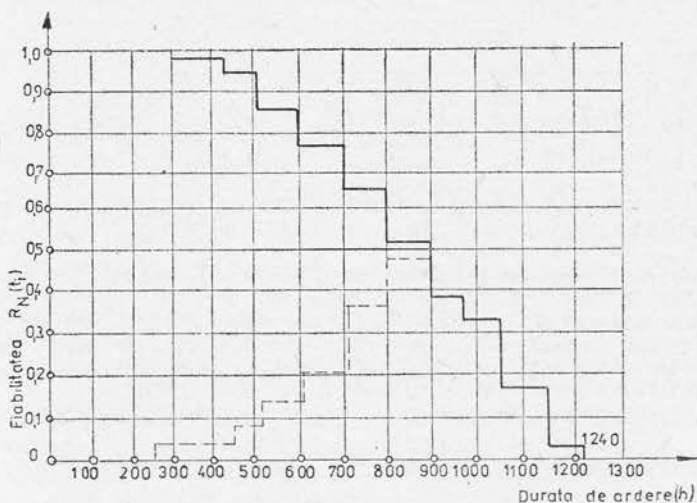


Fig. 12.11. Variația fiabilității becurilor în funcție de durata de ardere a acestora.

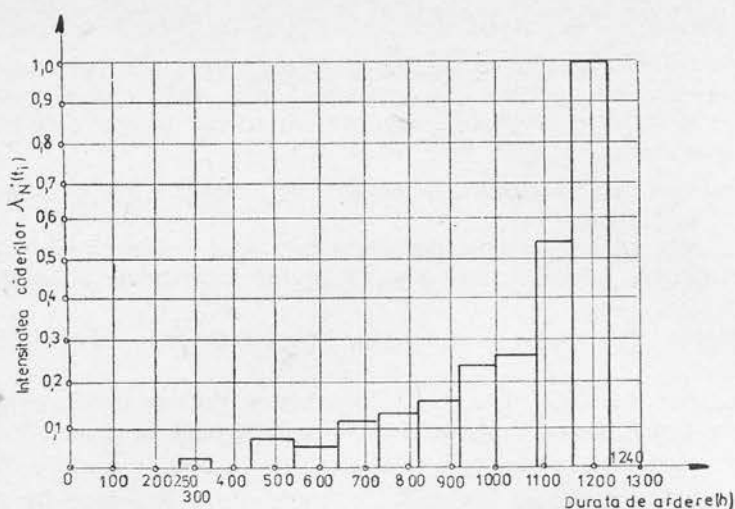


Fig. 12.12. Variația ratei căderilor becurilor în funcție de durata de ardere a acestora.

În figurile 12.10 și 12.11, liniile pline și cele întrerupte au următoarea semnificație: linia plină reprezintă numărul de becuri (K^*) rămase în funcțiune iar linia întreruptă reprezintă numărul de becuri arse (k_i).

Figura 12.11 reprezintă variația indicatorului fiabilității $R_N(t_i)$ în funcție de durata de ardere a becului, iar figura 12.12 reprezintă variația intensității sau ratei căderilor $\lambda_N(t_i)$ în funcție de durata de ardere a aceluiași bec.

12.3. DEFECTELE UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR TEHNOLOGICE, MAȘINILOR DE LUCRU, APARATELOR, DISPOZITIVELOR ȘI COMPONENTELOR ACESTORA

Așa cum s-a menționat, problema principală a funcționării echipamentelor electromecanice, utilizate în industrie și obținerea unor indicatori de fiabilitate ridicați depinde în final de evitarea defectării echipamentelor respective, precum și de reducerea la minimum a căderilor acestor echipamente.

Defectele sau ieșirile din funcțiune ale echipamentelor electromecanice se pot clasifica după mai multe categorii și anume: caracterul remedierii defectiunii, ușurința de depistare, modul de apariție, cauze etc.

După caracterul remedierii se disting: *defecte definitive* care necesită repararea echipamentelor (elementelor) pentru restabilirea capacității de funcționare și *defecte intermitente*, care apar ca urmare a modificărilor accidentale și reversibile ale regimurilor de funcționare.

După dependența dintre defecte se deosebesc: *defecte primare* și *defecte secundare*, care apar ca rezultat a altor defecte.

După ușurința de depistare, defectele pot fi *evidente* și *ascunse*.

După modul de apariție se disting *defecte bruște*, care provoacă modificarea bruscă a caracteristicilor echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale și *defecte treptate*, care apar în urma deprecierei treptate a stării echipamentelor și utilajelor.

După cauzele care le produc, defectele pot fi accidentale și defecte datorate uzurii, îmbătrânirii etc.

Pe lângă cele susmenționate, defectele provoacă scăderea productivității și randamentului echipamentelor și utilajelor industriale și se manifestă prin:

- creșterea zgomotului și vibrațiilor la toate tipurile de echipamente și utilaje;
- deformări plastice (alungire, comprimare, deformare) la organele de mașini care funcționează cu prestrîngerii mari supuse la sarcini mari;
- fisuri și ruperi la oboseală la arbori, dinții roților dințate, rulmenți;
- distrugeri datorită șocurilor la organele de mașini care funcționează cu șocuri;
- distrugerea etanșărilor la etanșări hidraulice și pneumatice;
- striviri datorită deformărilor termice la rulmenți, angrenaje melcate, și șuruburi cu bile;
- uzura discurilor ambreiajelor, ghidaje și dantura roților dințate;
- griparea ghidajelor și lagărelor de alunecare;
- scăderea preciziei la mașinile-unelte, motoare electrice, linii automate;
- scurtcircuite la mașini, aparate și echipamente electrice.

12.4. LEGILE DE REPARTIȚIE A DEFECTELOR

Defectele considerate ca evenimente sau fenomene aleatoare, se repartizează statistic după legi de repartitie probabilistice. Pentru o înțelegere clară a legilor de repartitie a defectelor, cele mai des întâlnite în studiul fiabilității echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale, vom face, în prealabil o expunere a repartițiilor probabilistice cunoscute.

12.4.1. REPARTIȚII PROBABILISTICE CLASICE

Repartițiile probabilistice clasice pot fi discrete și continue.

a. **Reparații discrete.** Printre reparațiile discrete se enumeră: repartitia binominală (Bernoulli), repartitia polinomială, repartitia binominală cu exponent negativ, repartitia hipergeometrică, repartitia Poisson.

Repartiția binominală (Bernoulli) este numită adesea schema urnei lui Bernoulli, întrucît se aplică la cazul a n extrageri independente una de alta a unei bile dintr-o urnă ce conține un număr de bile de două culori. Independența extragerilor se asigură, punîndu-se de fiecare dată, înapoi în urnă bila extrasă (schema bilei revenite).

Funcția de repartiție a repartiției binominale este de forma:

$$F(X) = P\{X_n = k\} = \sum_{k=0}^n C_n^k \cdot p^k \cdot q^{n-k} =$$

$$= \sum_{k=0}^n \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k q^{n-k} \begin{cases} 0, & \text{dacă } x \leq 0 \\ q^n, & \text{dacă } 0 < x \leq 1 \\ \sum_{k=0}^1 C_n^k p^k q^{n-k} & \text{dacă } 1 < x \leq 2 \\ \dots & \dots \\ \sum_{k=0}^{n-1} C_n^k p^k q^{n-k} & \text{dacă } n-1 < x \leq n \\ 1, & \text{dacă } x > n \end{cases} \quad (12.26)$$

în care X este variabila aleatoare a repartiției binominale.

Probabilitatea ca în n experiențe independente, A să apară de k ori iar $\bar{A}$ (non A) de $n-k$ ori este dată de relația:

$$P_n(k) = P\{X_n = k\} = C_n^k p^k \cdot q^{n-k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} p^k \cdot q^{n-k} \quad (12.27)$$

Repartiția variabilei aleatoare X_n este dată de:

$$X_n: \left\{ \begin{array}{l} 0; 1; \dots; k; \dots; n \\ q^n; C_n^1 p \cdot q^{n-1}; \dots; C_n^k p^k q^{n-k}; \dots; p^n \end{array} \right\} \quad (12.28)$$

Se constată că probabilitățile $P_n(k)$ reprezintă termenii dezvoltării binomului $(p+q)^n$ sub forma:

$$(p+q)^n = C_n^0 p^0 q^n + C_n^1 p^1 q^{n-1} + \dots + C_n^k p^k q^{n-k} + \dots + C_n^n p^n q^0 = \sum_{k=0}^n C_n^k p^k q^{n-k} \quad (12.29)$$

de unde și denumirea de repartiție binominală

Media și dispersia repartiției binominale se determină cu relațiile:

$$M(X) = \sum_{k=0}^n k \cdot P_n(k) = np, \text{ respectiv } D^2(X) = npq = np(1-p), \quad (12.30)$$

unde n , reprezintă numărul de experiențe sau elemente din probă.

Calculul probabilităților repartiției binominale se poate face și cu ajutorul formulei de recurență:

$$P_n(k+1) = P_n(k) \frac{n-k}{k+1} \cdot \frac{p}{q} \quad (12.31)$$

Repartiția binominală este asimetrică. Pentru $p > 0,5$ asimetria este pozitivă iar pentru $p < 0,5$, asimetria este negativă. Ea este simetrică numai în cazul $p = 0,5$. Pe măsură ce n crește repartiția binominală se simetrizează.

Repartiția polinomială. Reprezintă o extindere a repartiției binominale. În urma a n încercări independente poate apărea unul din eveni-

mentele: A_1 , de k_1 ori: A_2 de k_2 ori ... A_n de k_n ori, cu probabilitățile $p_1, p_2, \dots, p_n$, constante la fiecare încercare.

Probabilitatea $P_n(K_1, k_2, \dots, k_m)$ ca evenimentul A_1 să apară de k_1 ori, evenimentul A_2 de k_2 ori și așa mai departe pînă la evenimentul A_m , care urmează să se realizeze de k_m ori este dată de relația:

$$P_n(k_1, k_2, \dots, k_m) = \frac{n!}{k_1! k_2! \dots k_m!} p_1^{k_1} p_2^{k_2} \dots p_m^{k_m} m, \text{ cu } \sum_{i=1}^m p_i = 1. \quad (12.32)$$

Media și dispersia repartiției polinomiale se determină cu relațiile:

$$M(x_i) = np, \text{ respectiv } D^2(x_i) = np_i(1-p_i), \text{ cu } i=1, 2, \dots, m. \quad (12.33)$$

Repartiția binomială cu exponent negativ. În acest caz, evenimentelor de apariție a defectelor li se atribuie probabilitățile:

$$P_{-n}(k) = C_{k-1}^{n-1} \leftarrow \rightarrow p^n \cdot q^{k-n}, k \geq n \text{ și } q = 1-p. \quad (12.34)$$

Repartiția hipergeometrică. Este denumită simbolic „schema bilei nerevenite”. Se consideră că într-un lot de mărime N se găsesc D rebuturi și $N-D$ produse corespunzătoare cu $D+(N-D)=N$. Din lot se fac n extracții succesive fără să se introducă exemplarul verificat înapoi. Probabilitatea ca în n extracții succesive să se obțină d rebuturi și $n-d$ produse corespunzătoare cu $d+(n-d)=n$, este dată de expresia repartiției hipergeometrice:

$$P(d; N; n; D) = \frac{C_D^d \cdot C_{N-D}^{n-d}}{C_N^n} \quad (12.35)$$

sau:

$$P(d; N; n; D) = C_n^d \frac{\left[p \left(p - \frac{1}{N} \right) \cdot \dots \cdot \left(p - \frac{d-1}{N} \right) \right] \left[(1-p) \left(1-p - \frac{1}{N} \right) \cdot \dots \cdot \left(1-p - \frac{n-d-1}{N} \right) \right]}{1 \left(1 - \frac{1}{N} \right) \left(1 - \frac{2}{N} \right) \cdot \dots \cdot \left(1 - \frac{n-1}{N} \right)} \quad (12.36)$$

în care $p=D/N$.

Funcția de repartiție a variabilei X care urmează legea hipergeometrică este

$$F(x) = P(X < x) = \sum P(d; N; n; D) \quad (12.37)$$

Media și dispersia repartiției hipergeometrice se determină în relațiile:

$$M(X) = n \frac{D}{N} = np \text{ respectiv } D^2(X) = npq \frac{N-n}{N-1} = np(1-p) \frac{N-n}{N-1} \quad (12.38)$$

Repartiția Poisson. Este denumită și legea evenimentelor rare iar caracterizarea ei, în detaliu, va fi făcută la paragraful 12.4.2.

b) **Repartiții continue.** Ca repartiții continue enumerăm: repartiția uniformă, repartiția normală, repartiția lognormală, repartiția Γ (gamma), repartiția β (beta), repartiția exponențială negativă, repartiția Weibull, repartiția Erlang, repartiția x^2 (hi pătrat), repartiția Student, repartiția Snedecor, repartiția Fischer, repartiția Cauchy.

Repartiția uniformă. Are densitatea de repartiție:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{pentru } x \in (a, b) \\ 0, & \text{pentru } x \notin (a, b) \end{cases} \quad (12.33)$$

și funcția de repartiție:
$$F(x) = \int_a^x f(t) dt = \begin{cases} 0, & \text{pentru } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{pentru } a < x \leq b \\ 1, & \text{pentru } x > b \end{cases} \quad (12.34)$$

Valoarea medie și dispersia variabilei aleatoare se obțin cu relațiile:

$$M(X) = \frac{a+b}{2} \text{ respectiv } D^2(X) = \frac{(b-a)^2}{12} \quad (12.35)$$

în care X este variabila aleatoare.

Repartiția normală. Prezentarea detaliată a acestei repartiții se face la paragraful 12.4.2.

Repartiția lognormală. Are densitatea de repartiție

$$f(z) = \frac{1}{\sigma \cdot x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (12.36)$$

Valoarea medie și dispersia acestei repartiții sînt calculabile cu relațiile:

$$M(X) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}, \text{ respectiv } D^2(X) = e^{2\mu + \sigma^2(e^{\sigma^2} - 1)} \quad (12.37)$$

în care σ este abaterea medie pătratică.

Repartiția Γ (gamma). Posedă densitatea de repartiție:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^{p-1} \cdot e^{-x}}{\Gamma(p)}, & \text{pentru } x > 0 \text{ și } p > 0 \\ 0, & \text{pentru } x \leq 0 \end{cases} \quad (12.38)$$

unde simbolul (p) , reprezintă funcția GAMMA sau funcția lui Euler de speța doua, definită cu ajutorul integralei improprie a lui Euler:

$$\Gamma(p) = \int_0^{\infty} x^{p-1} \cdot e^{-x} \cdot dx, \text{ pentru } p > 0 \quad (12.39)$$

Valoarea medie și dispersia se determină cu relațiile $M(X) = p$, respectiv $D^2(X) = p$ (12.40)

Repartiția β (beta). Are densitatea de repartiție (probabilitate) de forma

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^{p-1} \cdot (1-x)^{q-1}}{\beta(p, q)}, & \text{pentru } 0 < x < 1 \text{ și } p, q > 0 \\ 0, & \text{pentru } x \leq 0, x \geq 1, \end{cases} \quad (12.41)$$

în care simbolul $\beta(p, q)$ reprezintă BETA sau funcția lui Euler de primă speță, de variabile complexe p și q .

$$\beta(p, q) = \int_0^1 t^{p-1} \cdot (1-t)^{q-1} \cdot dt. \quad (12.42)$$

Între funcțiile lui Euler $\beta(p, q)$ și $\Gamma(p)$ există relația:

$$\beta(p, q) = \frac{\Gamma(p) \cdot \Gamma(q)}{\Gamma(p+q)}. \quad (12.43)$$

Ținându-se seamă de relația (12.43), relația (12.41) se mai poate scrie sub forma:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\Gamma(p+q)}{\Gamma(p) \cdot \Gamma(q)} x^{p-1} (1-x)^{q-1}, & \text{pentru } 0 < x < 1 \text{ și } p, q > 0 \\ 0 & , \text{ pentru } x \leq 0, x \geq 1 \end{cases} \quad (12.44)$$

Valoarea medie și dispersia se determină cu relația:

$$M(X) = \frac{p}{p+q} \text{ respectiv } D^2(X) = \frac{p \cdot q}{(p+q)^2 (p+q+1)} \quad (12.45)$$

Repartiția exponențială negativă. Are densitatea de repartiție de forma

$$f(x) = \lambda \cdot e^{-\lambda x} \text{ pentru } \lambda > 0 \text{ și } 0 \leq x < \infty \quad (12.46)$$

Funcția de repartiție are expresia:

$$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x}, & \text{pentru } x > 0 \\ 0 & , \text{ pentru } x \leq 0. \end{cases} \quad (12.47)$$

Valoarea medie și dispersia se determină cu relațiile:

$$M(X) = \frac{1}{\lambda}, \text{ respectiv } D^2(X) = \frac{1}{\lambda^2}. \quad (12.48)$$

Repartiția Weibull. Va fi tratată la paragraful 12.4.2.

Repartiția Erlang. Are densitatea de repartiție:

$$f(x) = \frac{(\lambda \cdot k)^k}{\Gamma(k)} x^{k-1} \cdot e^{-\lambda k x}, \text{ pentru } \lambda > 0, k > 1; 0 \leq x < \infty. \quad (12.49)$$

Valoarea medie și dispersia sînt calculabile în relațiile

$$M(X) = \frac{1}{\lambda}, D^2(X) = \frac{1}{k\lambda^2}. \quad (12.50)$$

Repartiția Hi-pătrat (χ^2). Această repartiție denumită și Helmert-Pearson va fi tratată la paragraful 12.4.2.

Repartiția Student. Este denumită și repartiția t' și va fi, de asemenea, tratată la paragraful 12.4.2.

Repartiția Snedecor. Dacă ζ_1 și ζ_2 sînt două variabile aleatoare independente repartizate χ^2 , cu m grade de libertate, respectiv n grade de libertate, ambele cu parametrul σ , atunci variabila aleatoare, repartizată Snedecor, va fi

$$\xi = \frac{\frac{\zeta_1}{m}}{\frac{\zeta_2}{n}} = \frac{n\zeta_1}{m\zeta_2}, \quad (12.51)$$

avind densitatea de repartiție

$$f(x) = \left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{m}{2}} \frac{\Gamma\left(\frac{m+n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{m}{2}\right) \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} x^{\frac{m}{2}-1} \left(1 + \frac{m}{n}x\right)^{-\frac{m+n}{2}} \text{ unde } x \in (0, \infty). \quad (12.52)$$

Valoarea medie și dispersia se determină cu relațiile:

$$M(X) = \frac{n}{n-2} \text{ (pentru } n > 2), \text{ respectiv } D^2(X) = \frac{2n^2}{m} \cdot \frac{m+n-2}{(n-2)^2(n-4)}. \quad (12.53)$$

Repartiția Fischer. Dacă η este o variabilă aleatoare, avind repartiția Snedecor cu m, n grade de libertate, atunci variabila aleatoare

$$\xi = \frac{1}{2} \ln \eta \quad (12.54)$$

este repartizată Fischer cu m, n grade de libertate, cu densitatea de repartiție (probabilitate)

$$f(x) = 2 \left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{m}{2}} \frac{\Gamma\left(\frac{m+n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{m}{2}\right) \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} e^{mx} \left(1 + \frac{m}{n} e^{2x}\right)^{-\frac{m+n}{2}}, \text{ unde } x \in \mathbb{R} \quad (12.55)$$

Repartiția Cauchy. Posedă densitatea de repartiție:

$$f(x) = \frac{1}{\pi} \frac{a}{a^2 + (x-b)^2}, \text{ pentru } a > 0, x \in \mathbb{R}. \quad (12.56)$$

Repartiția Cauchy este unimodală și simetrică față de dreapta $x=b$.

12.4.2. LEGI UZUALE DE REPARTIȚIE A DEFECTELOR

Legile de repartiție susmenționate cele mai des întâlnite în studiul fiabilității echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale sînt următoarele:

- legea de repartiție Poisson;
- legea de repartiție exponențială;
- legea de repartiție normală;
- legea de repartiție Weibull;
- legea de repartiție χ^2 (hi-pătrat);
- legea de repartiție Student.

Aceste legi n-au fost caracterizate în paragraful 12.4.1.

Alegerea legii teoretice de repartiție a defectelor se face pe baza informațiilor obținute cu privire la modificările ce au loc în interiorul elementelor și sistemelor înainte de apariția defecțiunilor.

Pentru descrierea legilor teoretice de repartiție, menționate, este necesar să se precizeze următoarele simboluri și definiții:

— $F(t)$ este funcția de repartiție a timpului de funcționare, și respectiv probabilitatea ca un produs să se defecteze în intervalul $(0, t)$: $F(t) = P(T \leq t)$.

Se estimează prin frecvența relativă cumulată $F_N(t)$;

— $f(t)$ reprezintă probabilitatea ca variabila aleatoare X să ia valoarea t , dacă variabila este discretă, sau densitatea de repartiție dacă variabila este continuă. Se estimează prin frecvența relativă $f_N(t)$;

— $R(t)$, este funcție de fiabilitate adică probabilitatea ca un produs să funcționeze fără defectare în intervalul $(0, t)$, în condiții determinate: $R(t) = P(T > t)$;

— $\lambda(t)$ reprezintă rata sau intensitatea de defectare și poate fi exprimată prin limita raportului dintre probabilitatea de defectare în intervalul $(t, t + \Delta t)$ și mărimea intervalului Δt , când $\Delta t \rightarrow 0$, adică

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T < t + \Delta t)}{\Delta t}. \quad (12.57)$$

Se estimează prin rata experimentală de defectare $\lambda_N(t)$.

În continuare, se expune conținutul legilor de repartiție a defectelor.

Legea de repartiție Poisson. Această lege are un caracter discret (legea evenimentelor rare) și se caracterizează prin aceea că probabilitatea p a apariției caracteristicii observate este rară.

Probabilitatea apariției a k defecte în timpul t se exprimă prin densitatea de probabilitate

$$P_k = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} = f(x, \lambda), \quad (12.58)$$

în care λ este o constantă care exprimă cât de rare sînt defectele.

Media și dispersia repartiției Poisson se determină în relațiile:

$$M(X) = \lambda, \text{ respectiv } D^2(X) = \lambda \quad (12.59)$$

Funcția de repartiție a variabilei aleatoare X , care urmează o lege Poisson, este

$$F(x, \lambda) = P(X \leq x) = e^{-\lambda} \sum_{k=0}^x \frac{\lambda^k}{k!} \quad (12.60)$$

Aplicația 12.2. Se supune controlului un lot de 4000 rezistoare. Din cercetări anterioare se cunoaște că fracțiunea defectă probabilă este 2,5‰, adică $p = 0,0025$. Să se determine probabilitatea ca în lot să se găsească 15 rezistoare defecte.

Pentru rezolvarea problemei, determinăm în prealabil $a = np = 4000 \cdot 0,0025 = 10$. În acest caz probabilitatea apariției celor 15 rezistoare defecte este

$$P_k = f(15; 10) = e^{-10} \cdot \frac{10^{15}}{15!} = 0,0347.$$

În cazul cînd $a \geq 9$, repartiția Poisson, poate fi exprimată ca repartiție normală.

Legea de repartiție exponențială. În aplicarea acestei legi se are în vedere ipoteza potrivit căreia, probabilitatea de defectare în orice interval Δt este proporțională cu lungimea intervalului, nedepinzînd de timpul scurs de la punerea în funcțiune ci doar de buna funcționare pînă în acel moment, adică:

$$P\{\text{defect} \in (t_0, t_0 + \Delta t)\} = \lambda \cdot \Delta t. \quad (12.61)$$

Densitatea de repartiție a legii exponențiale este:

$$f(x, \lambda) = \begin{cases} 0 & \text{dacă } x \leq 0 \\ \lambda \cdot e^{-\lambda x} & \text{dacă } x > 0. \end{cases} \quad (12.62)$$

Funcția de repartiție a timpului de funcționare se obține cu relația:

$$F(t) = \int_0^t f(x) dx = \int_0^t \lambda e^{-\lambda x} \cdot dx = e^{-\lambda t} \Big|_0^t = 1 - e^{-\lambda t} \quad (12.63)$$

Funcția de fiabilitate se determină cu relația:

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t}, \quad (12.64)$$

deoarece $R(t) + F(t) = 1$.

Rata de defectare λ , rezultă din relația:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\lambda \cdot e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} = \lambda = \text{const.} \quad (12.65)$$

iar media repartiției exponențiale se determină cu relațiile:

$$M(X) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) \cdot dt = \frac{1}{\lambda}, \quad (12.66)$$

respectiv:

$$D^2(X) = \int_0^{\infty} t^2 \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda t} \cdot dt = M^2 = \frac{1}{\lambda^2} \quad (12.67)$$

Timpul mediu de bună funcționare se obține cu relația

$$\bar{t} = MTBF = \frac{1}{\lambda}, \quad (12.68)$$

ceea ce conduce la o nouă expresie a funcției fiabilității

$$R(t) = e^{-\frac{t}{\bar{t}}} \quad (12.69)$$

Aplicația 12.3. Probabilitatea funcționării fără căderi a unui condensator electrolitic timp de 2000 h este 0,95. Să se determine timpul mediu de bună funcționare.

Pentru $P(2000) = 0,95 = e^{-x}$, se deduce din tabelele $x = 0,05$. Pe de altă parte, conform relației (12.69) se obține:

$$\bar{t} = \frac{1}{0,05} 2000 = 40\,000 \text{ h.}$$

Legile de repartiție Poisson și exponențială sînt caracteristice pentru perioada de viață utilă.

Legea de repartiție normală. Atît teoria cît și practica au pus în evidență că pentru perioada finală sau de uzură a unui produs se poate utiliza, pentru caracterizarea fiabilității, legea normală. Repartizarea timpilor de defectare în ambele sensuri, în jurul unei valori mediane se datorește multitudinii influențelor exterioare, a condițiilor de producție diferite în care sînt exploatate echipamentele industriale ale aceluiași lot.

Densitatea de probabilitate în cazul legii normale se determină cu relația:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-m}{\sigma} \right)^2} \quad (12.70)$$

în care:

m — reprezintă media;

σ^2 — dispersia repartiției normale.

Funcția de repartiție sau probabilitatea căderii produsului până la momentul t , se exprimă cu relația:

$$F(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-m}{\sigma} \right)^2} \cdot dt, \quad (12.71)$$

iar funcția de fiabilitate se determină cu relația:

$$R(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-m}{\sigma} \right)^2} \cdot dt, \quad (12.72)$$

Rata căderilor (defectoarelor) se obține cu formula:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}. \quad (12.73)$$

Legea de repartiție Weibull. În multe cazuri, defectele care apar nu pot fi caracterizate cu legea exponențială sau cu legea normală, întrucât ele sînt rezultatul unor repartiții de amestec, corespunzătoare faptului că unele elemente se pot găsi în uzură, în timp ce altele nu și-au început încă viața utilă.

Spre a caracteriza astfel de situații matematicianul Weibull a propus, pentru timpul pînă la prima defectare repartiția cu densitatea:

$$f(t, \eta, \beta, \gamma) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}} \quad (12.74)$$

în care:

β — este un parametru de formă numit pantă, care determină forma repartiției;

η — este un parametru de scară;

γ — reprezintă un parametru de poziție.

Dacă $\beta=1$, legea Weibull din (12.74) coincide cu legea exponențială.

Pentru $\beta>1$, curba de repartiție este concavă, luînd alura unui clopot cu cît β crește.

Pentru $\beta=3,25$ legea Weibull coincide cu legea normală.

În figura 12.13 sînt reprezentate graficele funcției Weibull pentru diferite valori ale parametru-lui β .

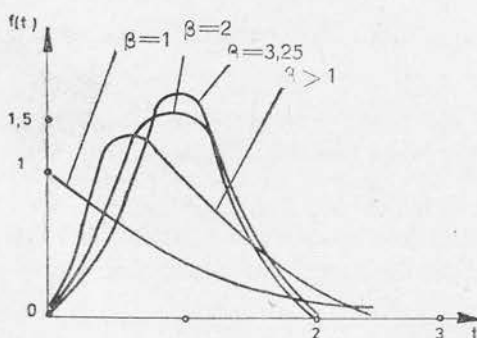


Fig. 12.13. Graficul funcției de repartiție Weibull.

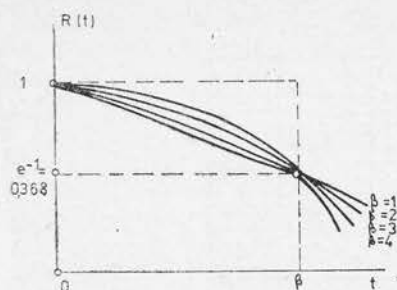


Fig. 12.14. Graficul de funcționare, fără căderi, a unui echipament, pentru diferite valori ale riscului beneficiarului (β).

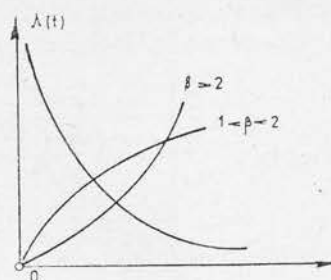


Fig. 12.15. Rata defectelor pentru diferite valori ale parametrului de formă β .

Funcția de repartiție, pentru legea Weibull, se exprimă cu relația:

$$F(t) = \int_{t_0}^t f(x) dx = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (12.75)$$

Ținându-se seamă de relația (12.75) probabilitatea ca evenimentul (defectul) să se producă în intervalul de timp (γ, t), respectiv probabilitatea funcționării fără căderi a unui echipament, până la momentul t este:

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (12.76)$$

În figura 12.14, se dă graficul posibilității de funcționare fără căderi, a unui echipament, pentru diferite valori ale lui β , iar în figura 12.15 se reprezintă rata defectiunilor, de asemenea pentru diferite valori ale parametrului de formă β .

Media și dispersia repartiției Weibull se determină cu relațiile:

$$M(X) = \gamma \cdot \left(2 + \frac{1}{\beta}\right), \quad (12.77)$$

respectiv:

$$D^2(X) = \gamma^3 \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right\}. \quad (12.78)$$

Valorile funcției $\Gamma(x)$ se găsesc în tabele.

Aplicațiile repartiției Weibull în studiul fiabilității echipamentelor este foarte vast. Astfel, în situația în care la un echipament se descoperă defectiuni ascunse, iar apoi un timp îndelungat nu suferă de „îmbătrânire“, probabilitatea căderii la început este foarte ridicată, după care se stabilizează în jurul unui nivel relativ constant. În aceste împrejurări, funcția de fiabilitate $R(t)$ a echipamentului se aproximează bine cu legea Weibull de parametru $\beta < t$.

Dacă însă echipamentele observate se caracterizează prin absența defectelor ascunse, însă manifestă pe măsura scurgerii timpului un proces intens de îmbătrânire, intensitatea defectărilor crește monoton, iar funcția fiabilității se aproximează în legea Weibull cu parametrul $\beta > 1$.

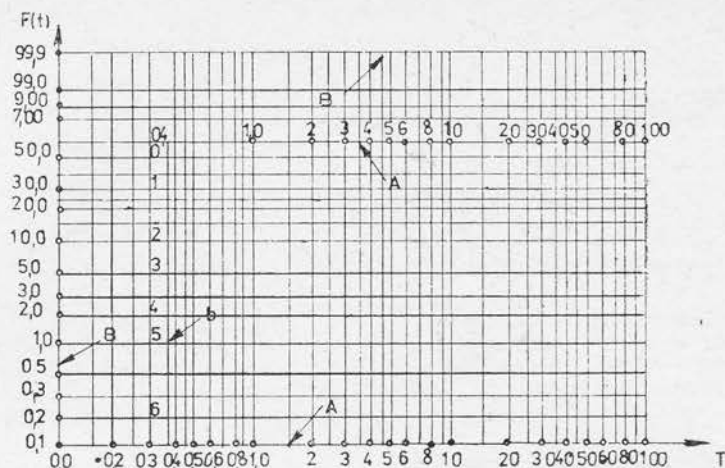


Fig. 12.16. Diagrama Allan Plait.

Determinarea parametrilor pentru o lege Weibull se face pe baza observării timpului de funcționare pentru un lot de N elemente.

Estimarea parametrilor se face cu ajutorul metodei celor mai mici pătrate sau pe cale grafică, cu ajutorul diagramei Allan Plait reprezentate în figura 12.16. Diagrama este întocmită prin efectuarea unor logaritmări repetate asupra funcției de fiabilitate adică:

$$\ln \ln \frac{1}{1-F(t)} = \beta \ln(t - \gamma) \ln \alpha. \quad (12.79)$$

Ținându-se seamă că $\alpha = \eta^\beta$, deci $\eta = \alpha^{-1/\beta}$, rezultă că pentru

$$\gamma = 0 \quad \ln \ln \frac{1}{1-F(t)} = \beta \ln t - \beta \ln \eta. \quad (12.80)$$

Relația (12.80) se identifică cu o expresie de tip liniar ceea ce permite reprezentarea ei printr-o dreaptă, într-un sistem de axe ortogonale convenabil alese.

Un punct în graficul Weibull are coordonatele: pe abscisă notată cu A iar pe ordonată notată cu B (în procente); pe abscisa notată cu $a \rightarrow \ln t$ iar pe ordonată cu $b \rightarrow \ln \ln \frac{1}{1-F(t)}$.

Repartiția χ^2 (hi pătrat). În controlul defectelor produselor intervin sume de pătrate ale variabilelor aleatoare $X_1, X_2, \dots, X_l$ independente, ce urmează fiecare o lege normală cu media „0” și dispersia σ^2 , respectiv $N(0, \sigma)$. Repartiția unei astfel de sume se notează cu:

$$\chi^2 = x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_l^2 = \sum_{i=1}^l x_i^2 \quad (12.81)$$

și este denumită repartiția „hi pătrat” cu l grade de libertate.

Valoarea medie a variabilei χ^2 este calculabilă cu relația

$$M(\chi^2) = l, \quad (12.82)$$

iar dispersia

$$D^2(\chi^2) = 2l. \quad (12.83)$$

Repartiția Student. O variabilă aleatoare (defect) urmează o repartiție Student sau t , cu l grade de libertate dacă are densitatea de repartiție dată de funcția:

$$f(t)=f(x)=\frac{\Gamma\left(\frac{l+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi \cdot l} \Gamma\left(\frac{l}{2}\right)}\left(1+\frac{x^2}{2}\right)^{-\frac{l+1}{2}} \text{ cu } -\infty < x < \infty. \quad (12.84)$$

Singurul parametru a repartiției t este numărul gradelor de libertate l .

Funcția de repartiție, corespunzătoare unei legi Student este

$$F(x)=\int_{-\infty}^x f(x)dx \quad (12.85)$$

sau înlocuind pe x cu t se obține:

$$F(t)=P(t \leq tp)=\int_0^{tp} f(t)dt. \quad (12.86)$$

Student este pseudonimul matematicianului englez Gosset.

CAPITOLUL 13

ESTIMAREA ȘI CONTROLUL FIABILITĂȚII ECHIPAMENTELOR, UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR INDUSTRIALE

13.1. ESTIMAREA PARAMETRILOR DE FIABILITATE

Ipoteza statistică prin care se testează controlul fiabilității echipamentelor, utilajelor și instalațiilor industriale precum și a elementelor componente a acestora este verificarea conformității ca normele și standardele de produs. Pentru a testa ipoteza menționată se aplică metode de încercări prin sondaj și anume:

— *încercări cenzurate* (k), la care experimentul se oprește în momentul când din cele n produse care alcătuiesc eșantionul au căzut k produse, k fiind un număr în prealabil stabilit;

— *încercări limitate sau trunchiate* (T), la care experimentul se oprește la un moment de timp T dinainte stabilit.

Ambele tipuri de încercări se pot efectua cu înlocuirea componentelor căzute (C) sau fără înlocuirea componentelor căzute (F).

Ținându-se seamă de modul de organizare ale încercărilor, susmenționate rezultă următoarele tipuri de planuri de încercări prin sondaj:

- planuri cenzurate de încercări fără înlocuire (n, F, k);
- planuri cenzurate de încercări cu înlocuire (n, C, k);
- planuri trunchiate de încercări fără înlocuire (n, F, T);
- planuri trunchiate de încercări cu înlocuire (n, C, T).

Cu ajutorul informațiilor obținute din încercările de fiabilitate prin sondaj efectuate pentru un anumit element și cunoscându-se legea de repartiție, se trece la etapa estimării fiabilității și a testării ipotezelor teoretice cu datele rezultate din experimentări.

Legea de repartiție cel mai des aplicată în modelarea fenomenelor de fiabilitate este legea exponențială. Aceasta are ca explicație faptul că în perioada utilă de funcționare a echipamentelor și utilajelor industriale, pentru care se fac în principal studiile de fiabilitate, intensitatea căderilor este aproximativ constantă. Pornindu-se de la această ipoteză testarea se aplică prin mai multe metode de testare: testul Hartley, testul Fisher, testul χ^2 (hi pătrat); testul F etc. Mai frecvent se aplică testul F.

Testul F. Ipoteza care se testează, în acest caz, este

$$H_0 : \lambda(t) = \lambda = \text{constant} \quad (13.1)$$

cu alternativa:

$$H_1 : \lambda(t) \neq \lambda. \quad (13.2)$$

Statistica testului F este

$$F(k_1, k_2) = \frac{\sum_{i=1}^{k_2} t_i}{\sum_{i=1}^{k_1} t_i} \quad (13.3)$$

pentru $k = k_1 + k_2$, $k_1 > 0$, $k_2 > 0$, în care k_1 reprezintă prima jumătate din numărul produselor căzute, iar k_2 reprezintă cealaltă jumătate.

Statistica $F(k_1, k_2)$ are o repartiție F cu:

$$f_1 = 2k_1 \text{ și } f_2 = 2k_2 \text{ grade de libertate.} \quad (13.4)$$

Se acceptă ipoteza nulă H_0 dacă

$$F_{calc} \leq F(1 - \alpha/2; f_1; f_2) \quad (13.5)$$

În situația când $F_{calc} > F_{tab}$, se respinge ipoteza nulă și se trage concluzia că rata căderilor nu urmează legea exponențială.

Aplicația 13.1. Se efectuează un număr de experimente de fiabilitate asupra unui număr de 50 de componente electronice, după un plan de încercări fără înlocuire. În momentul înregistrării a 8 căderi testul se oprește. S-au obținut următoarele valori ale timpilor de bună funcționare (tabelul 13.1), corespunzători componentelor căzute:

Tabelul 13.1

Timpii de bună funcționare ai componentelor electronice testate

Timpi de bună funcționare							
t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8
1 100	1 450	1 680	2 500	2 900	3 250	3 800	4 350

Considerînd $k_1 = k_2 = 4$, statistica testului are valoarea

$$F(4, 4) = \frac{4 \cdot 6\,730}{4 \cdot 14\,300} = 0,47.$$

Corespunzător unui nivel de semnificație (confidența) $\alpha=0,05$, cu $f_1=2k_1=f_2=2k_2=8$ grade de libertate, se obține:

$$F\left(1 - \frac{\alpha}{2}, f_1, f_1\right) = 3,44.$$

Intrucât $F_{calc}=0,47 < F_{tab}=3,44$, rezultă ipoteza:

$$H_0: \lambda(t) = \lambda = \text{cst.}$$

Se acceptă, adică intensitatea căderilor (λ) este constantă în intervalul studiat și se poate aplica legea de repartiție exponențială.

13.2. PLANURI DE ÎNCERCĂRI DE TIPUL $[n, F, k]$ ȘI $[n, C, k]$

Considerăm că este necesar să se estimeze valoarea necunoscută a timpului mediu de bună funcționare (t_m) a unui lot de produse.

În acest scop, se supune simultan încercărilor un număr de n produse identice, experimentul oprindu-se în momentul căderii a k produse.

Durata totală de funcționare realizată de cele n produse (fig. 13.1) este:

$$t_f(n, F, K) = t_1 + t_2 + \dots + t_k + (n-k)t_k, \quad (13.6)$$

în care $t_1, t_2, \dots, t_k$ sînt duratele de funcționare corespunzătoare celor k produse, iar $(n-k)$ numărul de produse rămase în stare de funcționare.

Figura 13.1 reprezintă un plan de încercări de tipul $[n, F, k]$, iar în figura 13.2 este reprezentat un plan de încercări de tipul $[n, C, k]$.

Dacă se lucrează cu un plan de încercări de tipul $[n, C, k]$, experimentul începe cu punerea simultană în funcțiune a celor n produse, iar în momentul căderii unui element, acesta se înlocuiește cu altul nou. Experimentul se oprește când s-au înregistrat cele k căderi stabilite inițial. Deci, în cadrul acestui tip de plan de încercări se utilizează $(n+k-1)$ produse din care, în momentul cînd au căzut k produse se mai află în stare de funcționare $(n-1)$ exemplare. Durata totală de funcționare a celor $(n+k-1)$ produse este:

$$t_f(n, C, k) = n \cdot t_k. \quad (13.7)$$

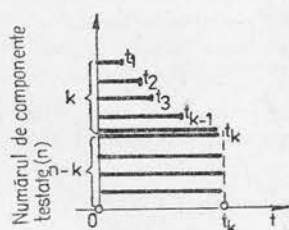


Fig. 13.1. Durata de funcționare a unui număr n de produse testate pe baza planurilor de încercări de tip (n, F, K) .

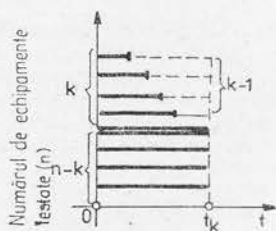


Fig. 13.2. Durata de funcționare a unui număr n de produse testate pe baza planurilor de încercări de tip (n, C, K) .

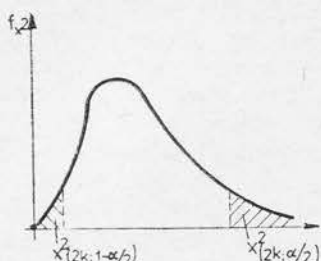


Fig. 13.3. Reprezentarea funcției de repartiție f_{x_2} .

La aceste planuri cenzurate de încercări variabile aleatoare este t_f , întrucît mărimile n și k sînt dinainte stabilite. Legea repartiției a variabilei t_f depinde de timpul mediu de bună funcționare t_m (necunoscut) pe care îl estimăm cu relația:

$$\bar{t} = \frac{t_f}{k}. \quad (13.8)$$

După cum se știe orice estimare nu coincide cu parametrul teoretic pe care îl estimează și se abate aleator (întîmplător) de la acesta. Pentru a se determina, cu o anumită probabilitate, intervalul de încredere care cuprinde valoarea lui t_m se va utiliza variabila aleatoare $v = 2t_f/t_m$, propusă de Epstein și Sobel care posedă o repartiție χ^2 cu $2k$ grade de libertate.

Astfel corespunzător unui risc α de genul I, considerînd că lucrăm cu intervale centrate (în care riscul la dreapta α_1 este egal cu riscul la stînga α_2 și ambele egale cu $\alpha/2$, conform figurii 13.3, rezultă că:

$$P(\chi_{(2k; 1-\alpha/2)}^2 \leq \chi_{(2k)}^2 \leq \chi_{(2k; \alpha/2)}^2) = 1 - \alpha. \quad (13.9)$$

Făcîndu-se substituția:

$$\chi_{(2k)}^2 = \frac{2t_f}{t_m} \quad (13.10)$$

relația (13.9) devine:

$$\chi_{(2k; 1-\alpha/2)}^2 \leq \frac{2t_f}{t_m} \leq \chi_{(2k; \alpha/2)}^2 \quad (13.11)$$

sau

$$\frac{1}{\chi_{(2k; \alpha/2)}^2} \leq \frac{t_m}{2t_f} \leq \frac{1}{\chi_{(2k; 1-\alpha/2)}^2} \quad (13.12)$$

Din relația (13.12) rezultă:

$$\frac{2t_f}{\chi_{(2k; \alpha)}^2} \leq t_m \leq \frac{2t_f}{\chi_{(2k; 1-\alpha)}^2} \quad (13.13)$$

Aplicația 13.2. Pentru determinarea timpului de bună funcționare a unui motor electric de curent continuu, cu excitație derivație, s-au supus la încercare 50 de motoare făcîndu-se oprirea experimentului în momentul apariției celei de-a 20 căderi. Durata totală de funcționare a fost de 8 900 h.

Pentru soluționarea problemei, corespunzător unui nivel de încredere $\alpha = 0,05$ și numărul gradelor de libertate $2k = 2 \cdot 20 = 40$, se obțin din tabelele cu χ^2 următoarele valori pentru:

— intervalul centrat: $\chi_{(40; 0,025)}^2 = 59,3$; $\chi_{(40; 0,975)}^2 = 24,4$;

— intervalul necentrat: $\chi_{(40; 0,05)}^2 = 55,8$; $\chi_{(40; 0,95)}^2 = 26,5$.

Aplicîndu-se relația (13.13) se obține:

$$\frac{2 \cdot 8\,900}{59,3} \leq t_m \leq \frac{2 \cdot 8\,900}{24,4} \quad \text{sau} \quad 300 \leq t \leq$$

respectiv

$$\frac{2 \cdot 8\,900}{55,8} \leq t_m \leq \frac{2 \cdot 8\,900}{26,5} \text{ sau } 319 \leq t_m \leq 672.$$

Deci, timpul mediu de bună funcționare este

$$\bar{t} = \frac{8\,900}{20} = 445 \text{ h}$$

și se cuprinde în intervalele determinate.

13.3. PLANURI DE ÎNCERCĂRI DE TIPUL $[n, F, T]$ și $[n, C, T]$

Aceste planuri de încercări limitate sau trunchiate se utilizează de obicei, pentru alte echipamente, utilaje sau componente a căror durată de funcționare este foarte mare. La aceste planuri se fixează dinainte mărimile n și T iar numărul căderilor k , apărut în intervalul de timp stabilit T , constituie variabila aleatoare.

Durata totală de funcționare a celor n produse se obține cu relațiile:

$$t_f(n, F, T) = t_1 + t_2 + \dots + t_k + (n-k)T \quad (13.14)$$

în cazul planurilor trunchiate de încercări fără înlocuire $[n, F, T]$ și

$$t_f(n, C, T) = nT \quad (13.15)$$

pentru planurile trunchiate de încercări cu înlocuire $[n, C, T]$.

Pentru estimarea timpului mediu de bună funcționare, limitele intervalului de încredere se stabilesc în mod analog cu cele ale planurilor de încercări de la paragraful 13.2, cu singura deosebire că, numărul gradelelor de libertate pentru variabila χ^2 , corespunzătoare limitei inferioare, este $2k+2$.

13.4. CONTROLUL FIABILITĂȚII LOTURILOR DE PRODUSE

Controlul fiabilității loturilor de produse are la bază aceleași principii ca și controlul calitativ de recepție al aceluiași laturi. În acest scop, furnizorul și beneficiarul de comun acord, corespunzător riscurilor α și β pe care și le asumă stabilesc următoarele condiții ale controlului prin sondaje a fiabilității:

— probabilitatea de acceptare (P_a) a loturilor cu nivelul de fiabilitate acceptat este de cel puțin $1-\alpha$;

— probabilitatea de acceptare a loturilor cu nivelul de fiabilitate tolerat este de cel mult β ;

— nivelul de fiabilitate acceptat de beneficiar ($-t'_m$) pentru care loturile se consideră corespunzătoare și se recepționează cu probabilitatea $1-\alpha$;

— nivelul de fiabilitate tolerat de beneficiar ($-t''_m$), pentru care loturile se acceptă cu probabilitatea β .

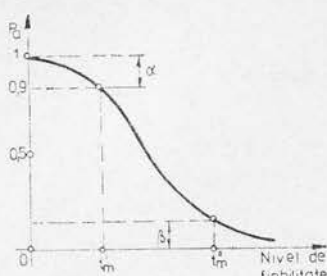


Fig. 13.4. Probabilitatea de acceptare P_a a unui lot de produse în funcție de nivelul de fiabilitate.

Timpii t'_m și t''_m se numesc și timpul mediu de funcționare specificat (t'_m), respectiv timpul mediu de funcționare minim acceptabil.

Reprezentându-se grafic curba caracteristică a planului de verificare a fiabilității, ca și în cazul controlului calitativ de recepție al produselor, se obține figura 13.4.

Ipoteza ce urmează a fi verificată este:

$$H_1: t_m \geq t'_m \quad (13.16)$$

cu alternativa:

$$H_2: t_m \leq t''_m \quad (13.17)$$

Cele mai utilizate planuri de control a fiabilității loturilor de produse sînt:

- planurile de tipul sondajului simplu (cenzurate și trunchiate);
- planurile de tipul sondajului secvențial.

În continuare, se va face o expunere a acestora, prezentîndu-se particularitățile lor.

13.4.1. PLANURI DE CONTROL DE TIPUL SONDAJULUI SIMPLU, BAZATE PE ÎNCERCĂRI CENZURATE $[n, k, t_a]$

Parametrii acestor planuri sînt următorii:

n — numărul de produse care constituie eșantionul ce se supune verificării;

k — numărul de produse căzute care condiționează încetarea experimentului;

t_a — factorul de acceptare.

Corespunzător acestor parametri planurile de control poartă denumirea de tipul $[n, k, t_a]$.

Mărimile n și k se stabilesc, în principal, în funcție de considerente de natură economică. Aceleași considerente stau la baza alegerii și celor două riscuri α și β .

Factorul de acceptare t_a se determină cu relația lui Einstein — Sobel, din care rezultă că:

$$t_a = t_f = \frac{1}{2} t_m \chi^2_{(2k; p)} \quad (13.18)$$

Dacă se ține seamă numai de interesele furnizorului, factorul de acceptare se determină cu relația:

$$t'_a = \frac{1}{2} t'_m \chi^2_{(2k; 1-\alpha)} \quad (13.19)$$

iar dacă se ține seamă numai de interesele beneficiarului, factorul de acceptare se determină cu relația:

$$t''_a = \frac{1}{2} t''_m \cdot \chi^2_{(2k; \beta)}. \quad (13.20)$$

Metodologia de control este următoarea:

— din lotul prezentat la control, se pun simultan în funcțiune n produse pînă în momentul în care se înregistrează k elemente căzute;

- se determină durata totală de funcționare t_f a celor n produse, care se compară apoi cu numărul de acceptare t_a ;
- dacă $t_f \geq t_a$, lotul se acceptă;
- dacă $t_f < t_a$, lotul se respinge.

Aplicația 13.3. Se supune controlului un lot de condensatoare statice pentru compensarea factorului de putere ($\cos \varphi$) în următoarele condiții: $\alpha=0,05$; $\beta=0,10$; $t'_m=1\,000$ h; $t''_m=600$ h; $k=20$.

Să se determine factorii de acceptare ai lotului de condensatoare.

Din tabele rezultă că $\chi^2_{(40; 0,95)}=26,5$ iar $\chi^2_{(40; 0,10)}=51,8$.

Ținându-se seamă de interesele furnizorului rezultă:

$$t'_a = \frac{26,5}{2} 1\,000 = 13\,250 \text{ h},$$

iar dacă se au în vedere interesele beneficiarului se obține:

$$t''_a = \frac{51,8}{2} 600 = 15\,540 \text{ h}.$$

Dacă se consideră că durata totală a lotului de condensatoare statice este $t_f=14\,250$ h atunci din punctul de vedere al furnizorului lotul ar trebui acceptat, întrucât $14\,250 > 13\,250$, în timp ce din punctul de vedere al beneficiarului lotul ar trebui respins deoarece $14\,250 < 15\,540$. Deci va fi dezavantajat furnizorul.

Pe măsură ce crește numărul căderilor k , planurile de control sînt favorabile furnizorului. Se ilustrează acest lucru considerîndu-se că se oprește experimentul după 40 căderi, nu după 20 căderi.

În această circumstanță se obține din tabele:

$$\chi^2_{(80; 0,95)}=60,4 \text{ și } \chi^2_{(80; 0,10)}=96,6. \text{ Rezultă astfel:}$$

$$t'_a = \frac{60,4}{2} 1\,000 = 30\,200 \text{ respectiv } t''_a = \frac{96,6}{2} 600 = 28\,980 \text{ h}.$$

Reiese că dacă $t_f \geq 28\,980$, lotul se acceptă din punctul de vedere al beneficiarului și constituie o alternativă favorabilă de asemenea și furnizorului.

În condițiile în care sînt cunoscuți α , β , t'_m și t''_m , valorile optime a numărului k și a numărului de acceptare t_a , atît pentru furnizor cît și pentru beneficiar, se realizează cînd sînt satisfăcute condițiile:

a) $t_m \geq t'_m$, iar loturile sînt acceptate cu o probabilitate egală cu cel puțin $1-\alpha$;

b) $t_m \leq t''_m$, iar loturile sînt acceptate cu o probabilitate egală cu cel mult β .

Din cele menționate reiese că numerele k și t_a rezultă din sistemul de relații:

$$P_a(t'_m) = 1-\alpha \text{ și } P_a(t''_m) = \beta \quad (13.21)$$

Ținându-se seamă de relația (13.18) rezultă că:

$$t_m = \frac{2t_a}{\chi^2_{(2k; p)}}. \quad (13.22)$$

Relațiile (13.19) și (13.20) se mai pot scrie și sub forma

$$t'_m \leq \frac{2t_a}{\chi^2_{(2k; 1-\alpha)}}; \quad t''_m \geq \frac{2t_a}{\chi^2_{(2k; \beta)}}. \quad (13.23)$$

Din sistemul (13.23) rezultă dubla inegalitate:

$$\frac{1}{2} t'_m \chi^2_{(2k; 1-\alpha)} \geq t_a \geq \frac{1}{2} t'_m \chi^2_{(2k; \beta)}. \quad (13.24)$$

Relația (13.24) se mai poate scrie sub forma:

$$\chi^2_{(2k; \beta)} \approx \frac{t'_m}{t''_m} \chi^2_{(2k; 1-\alpha)} \quad (13.25)$$

13.4.2. PLANURI DE CONTROL DE TIPUL SONDAJULUI SIMPLU TRUNCHIATE [n, c, t_f]

În cazul acestui tip de planuri, parametrii care stau la baza deciziei cu privire la acceptarea sau respingerea loturilor de produse, din punctul de vedere al fiabilității sînt:

n — numărul de produse care se supun simultan probelor de încercare ($n \geq c$);

t_f — durata de funcționare a produselor (căzute și în stare de funcționare) în momentul opririi experimentului adică, după ce a trecut durata de timp afectată T ;

c — numărul de acceptare.

Metodologia de aplicare a acestor planuri este următoarea:

— se supun încercărilor n produse pînă în momentul în care s-a înregistrat durata totală de timp de funcționare t_f ;

— dacă numărul k de produse care au căzut în intervalul de timp cît a durat experimentul nu depășește numărul de acceptare c , se consideră că lotul corespunde din punct de vedere al fiabilității. Dacă rezultă $k > c$ lotul se respinge ca necorespunzător.

Adaptîndu-se ipoteza fiabilității exponențiale pentru determinarea lui c și t_f , se poate aplica relația Poisson iar probabilitatea de a se înregistra k căderi în perioada t_f se determină cu relația:

$$P_k = \frac{(t_f/t_m)^k}{k!} e^{-(t_f/t_m)}. \quad (13.26)$$

în care t_f/t_m reprezintă numărul mediu de căderi.

Ținîndu-se seamă de relațiile (13.21) se poate scrie că:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{k=0}^c \frac{(t_f/t'_m)^k}{k!} \cdot e^{-(t_f/t'_m)} &= 1 - \alpha \\ \sum_{k=0}^c \frac{(t_f/t''_m)^k}{k!} \cdot e^{-(t_f/t''_m)} &= \beta \end{aligned} \right\} \quad (13.27)$$

Rezolvîndu-se sistemul (13.27) se obțin parametrii căutați c și t_f .

13.4.3. PLANURI DE CONTROL SECVENȚIAL

În scopul luării unei decizii mai rapide, cînd fiabilitatea lotului de produse este sau foarte ridicată sau foarte scăzută, se utilizează planurile de control secvențial.

Presupunem că există un eșantion de n produse a căror durată de funcționare este $t_1, t_2, \dots, t_n$. Se notează cu:

P_{1n} — probabilitatea ca la încercarea a n -a să se obțină o astfel de valoare a lui t_m , încît să fie acceptată ipoteza $H_1: t_m \geq t'_m$;

P_{2n} — probabilitatea ca la încercarea a n -a să se obțină o astfel de valoare a lui t_m , încît să fie acceptată ipoteza $H_2: t_m \leq t''_m$.

Pe baza celor de mai sus, conform testului WALD, se poate lua una dintre următoarele decizii:

$$-\frac{P_{2n}}{P_{1n}} \leq \frac{\beta}{1-\alpha} \dots \dots \text{lotul se acceptă;} \quad (13.28)$$

$$-\frac{P_{2n}}{P_{1n}} \geq \frac{1-\beta}{\alpha} \dots \dots \text{lotul se respinge;} \quad (13.29)$$

$$-\frac{\beta}{1-\alpha} \leq \frac{P_{2n}}{P_{1n}} \leq \frac{1-\beta}{\alpha} \text{ se continuă verificarea.} \quad (13.30)$$

Ținîndu-se seamă de relația (13.26), în care se înlocuiește t_m cu t'_m , respectiv t''_m , raportul probabilităților P_{2n}/P_{1n} se poate scrie sub forma:

$$\frac{P_{2n}}{P_{1n}} = \left(\frac{t'_m}{t''_m} \right)^k \cdot e^{-t_f \left(\frac{1}{t'_m} - \frac{1}{t''_m} \right)} \quad (13.31)$$

CAPITOLUL 14

FIABILITATEA SISTEMELOR. MENTENABILITATEA ȘI DISPONIBILITATEA ECHIPAMENTELOR, UTILAJELOR ȘI INSTALAȚIILOR INDUSTRIALE. PRELUCRAREA ELECTRONICĂ A DATELOR PRIVIND CALCULUL FIABILITĂȚII ECHIPAMENTELOR ȘI SISTEMELOR

14.1. DATE INTRODUCTIVE

În capitolul 12 a fost tratată fiabilitatea unui produs (echipament, utilaj, instalație etc.) socotit ca un singur element de sine stătător.

În industrie însă se știe că majoritatea produselor reprezintă o asociere de elemente (componente), adică un ansamblu, un sistem de elemente grupate și utilizate într-un anumit mod. Pentru determinarea fiabilității unui sistem este necesar să se cunoască structura și caracterul funcționării lui, legătura dintre fiabilitatea elementelor și cea a sistemului.

În teoria fiabilității, structura unui sistem, adică modalitățile de îmbinare a elementelor sale, se poate realiza în serie, derivație (paralel) și mixt.

Calculul fiabilității sistemelor este precedat de întocmirea schemei logice a acestuia pentru care sînt necesare:

- descrierea funcționării sistemului și întocmirea listei proprietăților sistemului în stare de bună funcționare;
- clasificarea defectelor elementelor și ale sistemului;

— estimarea influenței defectării fiecărui element în parte asupra capacității de funcționare a sistemului;

— elaborarea modelului structural, logic al funcționării fără defectțiuni a sistemului.

Pentru ca un produs (echipament, utilaj, instalație etc.) să îndeplinească în bune condiții funcțiunile sale, este necesar să fie nu numai fiabil, ci să fie și ușor de supravegheat și reparabil, pentru a-și menține starea de bună funcționare.

Un rol important în calculul fiabilității sistemelor îl are prelucrarea automată a datelor, pe calculator ceea ce oferă informații rapide privind momentele de modificare a stării sau comportamentul sistemelor, elaborarea curbei de viață a echipamentelor, utilajelor și instalațiilor tehnologice.

14.2. FIABILITATEA SISTEMELOR

Sistemele tehnice (echipamente, utilaje, instalații, aparate etc.) pot fi împărțite în trei categorii principale, în funcție de conexiunea elementelor lor componente și anume:

- sisteme cu elemente legate în serie;
- sisteme cu elemente legate în derivație;
- sisteme cu elemente cu conexiune mixtă.

Fiabilitatea acestor sisteme se determină în mod diferențiat ținându-se seamă de modul de conexiune (legare) a elementelor componente.

14.2.1. FIABILITATEA SISTEMELOR CU ELEMENTE LEGATE ÎN SERIE

În acest caz, buna funcționare a sistemului este asigurată de buna funcționare a tuturor subansamblurilor și componentelor sale iar ieșirea din funcțiune a unui element determină ieșirea din funcțiune (căderea) întregului sistem.

Structura unui sistem formează o conexiune de tip serie (fig. 14.1) dacă cele N elemente componente ale sale sînt legate astfel, încît căderea unui singur element are drept consecință căderea întregului sistem. De aceea, sistemul cu conexiune serie funcționează atît timp cît funcționează elementul cu durata cea mai mică de funcționare.

Probabilitatea de bună funcționare (fiabilitatea) a sistemului de tip serie scade pe măsură ce numărul elementelor componente crește, iar expresia acestei fiabilități este următoarea:

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^N R_i(t) \quad (14.1)$$

în care: $R_s(t)$ reprezintă probabilitatea funcționării sistemului fără defectțiuni pentru un anumit timp t ;



Fig. 14.1. Structura unui sistem reparabil de tip serie.

$R_i(t)$ — probabilitatea funcționării fără defecțiuni a elementului component i , în același timp t ;

N — numărul de elemente componente ale sistemului

Întrucît fiabilitatea elementelor componente ale unui sistem serie sînt numere mai mici decît 1, înseamnă că potrivit relației 13.1 fiabilitatea sistemelor serie este totdeauna inferioară fiabilității oricărui element component.

Dacă elementele componente ale sistemelor serie posedă aceeași fiabilitate $R_0(t)$, atunci, ținîndu-se seamă de relația (14.1), fiabilitatea sistemelor va fi:

$$R_s(t) = R_0^N(t). \quad (14.2)$$

Considerîndu-se că toate elementele unui sistem serie admit o fiabilitate exponențială, relația (14.2) devine:

$$R_s(t) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t} = e^{-\sum_{i=1}^N \lambda_i t}. \quad (14.3)$$

Rata căderilor λ_s a întregului sistem, conform relației 13.3, este egală cu:

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^N \lambda_i. \quad (14.4)$$

Timpul mediu de bună funcționare a sistemului este

$$\bar{t}_s = \frac{1}{\lambda_s}. \quad (14.5)$$

Fiabilitatea sistemelor serie care admit o repartiție exponențială a defectelor elementelor componente se mai poate scrie și sub forma:

$$R_s(t) = e^{-\lambda_s t} \quad (14.6)$$

Aplicația 14.1. Un sistem tehnic este format din trei subansambluri conectate în serie (transformator, aparat de interconectare, motor asincron). Fiabilitățile celor trei subansambluri pentru 1 000 h sînt: 0,85; 0,80; 0,95. Cunoscindu-se că sistemul nu poate funcționa dacă unul din subansambluri iese din funcțiune să se determine fiabilitatea sistemului și rata căderilor sistemului, admițîndu-se că adoptă o lege exponențială de repartiție a căderilor.

Potrivit relației (14.1), fiabilitatea sistemului este:

$$R_s(t) = R_1 R_2 R_3 = 0,85 \cdot 0,80 \cdot 0,95 = 0,646.$$

Rata căderilor sistemului se determină cu relația (13.5)

$$R_s(t) = e^{-\lambda_s t}, \text{ respectiv } 0,646 = e^{-\lambda_s \cdot 1\,000}$$

de unde prin logaritmare se obține:

$$\lambda_s = \frac{0,437}{1\,000} = 0,000437.$$

14.2.2. FIABILITATEA SISTEMELOR CU ELEMENTE LEGATE IN DERIVAȚIE

Schema bloc a unui sistem tehnic cu elemente componente legate în derivație este prezentată în figura 14.2 și este caracterizată prin aceea că prin căderea unui element component nu are loc ieșirea din funcțiune a

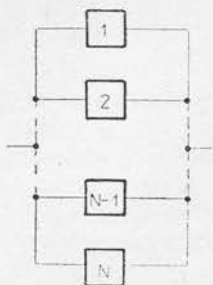


Fig. 14.2. Structura unui sistem reparabil de tip derivație.

întregului sistem, întrucît funcțiunile elementului căzut (defect) sînt îndeplinite de elementele rămase în stare de funcționare.

Pentru un element i , probabilitatea (funcția) de defectare se determină cu relația:

$$F_i(t) = 1 - R_i(t) \quad (14.7)$$

Funcția de defectare (nonfiabilitate) a unui sistem cu conexiune derivație se calculează cu relația:

$$F_s(t) = F_1(t) \cdot F_2(t) \dots F_n(t) = \prod_{i=1}^N F_i(t). \quad (14.8)$$

Întrucît efectuarea sistemului derivație are loc numai în cazul defectării concomitente a tuturor elementelor concentrate în paralel, rezultă că fiabilitatea sistemului respectiv se obține cu expresia:

$$R_s(t) = 1 - F_s(t). \quad (14.9)$$

Rata defectărilor sistemelor derivație se determină cu relația:

$$\lambda_s = -\frac{1}{R_s(t)} \cdot \frac{dR_s(t)}{dt}. \quad (14.10)$$

Timpul mediu de bună funcționare a unui sistem derivație este calculabil cu relația:

$$\bar{t}_s = \int_0^{\infty} R_s(t) dt. \quad (14.11)$$

Admițîndu-se același nivel de fiabilitate pentru toate elementele componente ale unui sistem derivație, fiabilitatea sistemului se determină cu relația:

$$R_s(t) = 1 - [1 - R_i(t)]^n, \quad (14.12)$$

iar dacă presupunem o lege exponențială de supraviețuire a sistemului, relația (14.12) devine:

$$R_s(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^n \approx (e^{-\lambda t})^n. \quad (14.13)$$

Timpul mediu de bună funcționare, admițîndu-se legea exponențială de repartitie a defectelor, se calculează cu relația:

$$\bar{t}_s = \int_0^{\infty} R_s(t) dt = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i}. \quad (14.14)$$

Aplicația 14.2. Se consideră un sistem compus din două elemente identice legate în derivație, fiecare element avînd o rată a defectelor egale cu 10 defectări la 100 000 h. Să se determine fiabilitatea sistemului la 1 000 h și timpul mediu de bună funcționare.

Întrucît $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,0001$, rezultă fiabilitatea:

$$R_s(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda_1 t})(1 - e^{-\lambda_2 t}) = 2e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t},$$

în care făcându-se înlocuirile numerice se obține

$$R_s(1000) = 2e^{-(0,0001) \cdot 1000} - e^{-(0,0001) \cdot 1000},$$

respectiv

$$R_s(1000) = 2e^{-0,1} - e^{-0,2} = 0,991.$$

Timpul mediu de bună funcționare se calculează astfel:

$$\bar{t} = \frac{1}{0,0001} \sum_{i=1}^2 \frac{1}{i} = \frac{3}{2,0001} = 15000 \text{ h.}$$

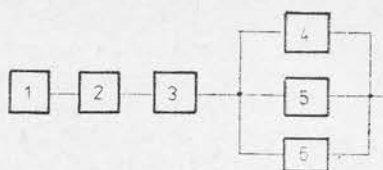


Fig. 14.3. Structura unui sistem reparabil de tip mixt.

14.2.3. FIABILITATEA SISTEMELOR CU CONEXIUNE MIXTĂ

Schema bloc de principiu a sistemelor tehnice cu conexiune mixtă este reprezentată în figura 14.3. Sistemul tehnic cu conexiune mixtă din această figură, se compune din:

- grupa elementelor componente conectate în serie (1, 2, 3);
- grupa elementelor componente conectate în paralel (4, 5, 6); această grupă este conectată în serie cu prima.

Căderea unui asemenea sistem se poate produce din trei motive:

- căderea unuia dintre elementele legate în serie;
- căderea simultană a elementelor legate în paralel;
- căderea simultană a elementelor din ambele grupe (grupa serie și grupa paralel).

Fiabilitatea elementelor legate în serie se determină cu relația:

$$R_s(t) = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3, \quad (14.15)$$

iar fiabilitatea elementelor legate în derivație se determină cu relația:

$$R_d(t) = 1 - F_1 \cdot F_2 \cdot F_3. \quad (14.16)$$

Fiabilitatea sistemului, ținându-se seamă că cele două grupe sînt conectate în serie, se determină cu relația:

$$R_m(t) = R_s(t) \cdot R(t), \quad (14.17)$$

respectiv:

$$R_m(t) = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot (1 - F_1 \cdot F_2 \cdot F_3).$$

14.3. MENTENABILITATEA ȘI DISPONIBILITATEA PRODUSELOR INDUSTRIALE (ECHIPAMENTE, UTILAJE, INSTALAȚII etc.)

Ca și în unele cazuri precedente, prin termenul generic de produse înțelegem echipamente, instalații, utilaje, aparate și alte produse industriale iar mentenabilitatea și disponibilitatea se vor referi la acestea.

14.3.1. MENTENABILITATEA PRODUSELOR INDUSTRIALE

Pentru ca un produs industrial să-și îndeplinească în bune condiții misiunea pentru care a fost realizat nu este suficient ca el să aibă o fiabilitate ridicată, ci este necesar să fie totdeauna ușor de supravegheat, între-

ținut și reparat. Acesta, întrucît oricît de fiabil ar fi un produs, apariția căderilor, defectelor la un moment dat este inevitabilă. Înlăturarea acestor căderi, fie în momentul apariției lor, fie preventiv prin reparații planificate, necesită un anumit timp, care diferă de natura defectului de la echipament la echipament. Acest aspect face ca la aprecierea fiabilității unui produs să se ia în considerare și *mentenabilitatea* lui, care reprezintă proprietatea produsului exprimată prin probabilitatea acestuia de a putea fi supravegheat, întreținut și reparat într-o anumită perioadă de timp.

Operațiile preventive sau curative necesare pentru menținerea unui produs în stare de funcționare se mai numesc *operații de mentenanță* și devin eficiente dacă: reperele produsului sînt ușor accesibile; există piese de schimb; mîna de lucru este calificată pentru reparații și întreținere de tip „service”.

Accesibilitatea la reperele produsului reprezintă proprietatea acestuia de a putea fi demontat și montat cu ușurință în elemente componente. O bună accesibilitate duce la ridicarea disponibilității produsului prin creșterea operativității activității de întreținere și reparare.

Piese de schimb și cele de rezervă. Sînt elemente strict necesare pentru efectuarea reparațiilor și repunerii unui echipament în stare de funcționare (restabilirea echipamentului).

Service. Actualmente activitatea echipelor „service” reprezintă un mijloc operativ și eficient de a urmări modul de comportare a produselor în exploatare.

Indicatorii statistici ai mentenabilității sînt: media timpului de reparație (*MTR*) și rata reparațiilor (μ).

Media timpului de reparații (*MTR*). Se calculează cu relația:

$$MTR = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (14.18)$$

în care:

$\sum_{i=1}^n t_i$ reprezintă timpul total de reparație a unui echipament;

t_i — timpul de reparație aferent unui ciclu (fig. 14.4).

Acest indicator (*MTR*) este util la dimensionarea atelierelor și sectoarelor de reparații, a unităților „service” și pentru calculul disponibilității produselor industriale.

Rata reparațiilor (μ). Acest indicator se calculează cu relația:

$$\mu = \frac{1}{MTR} \quad (14.19)$$

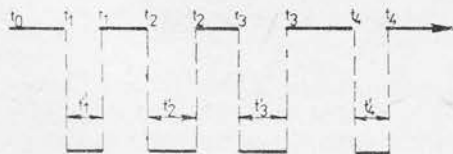


Fig. 14.4. Timpul aferent unui ciclu de reparație.

Aplicația 13.3. Un redresor a înregistrat 7 defectări într-un interval de timp de 5850 h de funcționare, care au impus următorii timpi de reparație: $t'_1=9$ h; $t'_2=7$ h; $t'_3=10$ h; $t'_4=18$ h; $t'_5=14$ h; $t'_6=11$ h; $t'_7=15$ h.

Rezultă că media timpului de reparații este:

$$MTR = \frac{9+7+10+18+14+11+15}{7} = \frac{84}{7} = 12 \text{ h,}$$

iar rata reparațiilor

$$\mu = \frac{1}{12} = 0,083 \text{ reparații/oră}$$

14.3.2. DISPONIBILITATEA PRODUSELOR INDUSTRIALE

Disponibilitatea produselor industriale depinde de: fiabilitate și mentenabilitate, conform schemei din figura 14.5.

În acord cu figura 14.5, disponibilitatea se poate calcula cu relația:

$$D(t) = R(t) + 1 - R(t) \cdot M(t') \quad (14.20)$$

în care $M(t')$ este media timpilor de reparații.

Se precizează faptul că la produsele nereparabile (fără restabilire), disponibilitatea este egală cu fiabilitatea acestora.

Disponibilitatea reprezintă de fapt, măsura în care sistemul sau elementul permite utilizarea sa atunci când este nevoie respectiv disponibilitatea reprezintă probabilitatea ca un produs să fie în stare de funcționare la momentul t .

Astfel, pentru grupurile generatoare din centrale electrice, în specificații se prevede că din cele 8760 ore dintr-un an 96% să fie disponibile iar 4% rezervate pentru reparații adică nondisponibile.

Disponibilitate, ca indicator statistic, se mai exprimă și cu relația:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF - MTR}, \quad (14.21)$$

în care $MTBF$ este media timpului de bună funcționare.

Se precizează că disponibilitatea se calculează numai pentru o perioadă care corespunde vieții utile a unui echipament; ea nu se poate calcula nici pentru perioada inițială (de tinerețe) și nici pentru perioada de uzură (de bătrânețe) a echipamentului respectiv, perioade în care defectările nu au un caracter accidental, iar numărul lor este foarte mare în comparație cu cel normal.

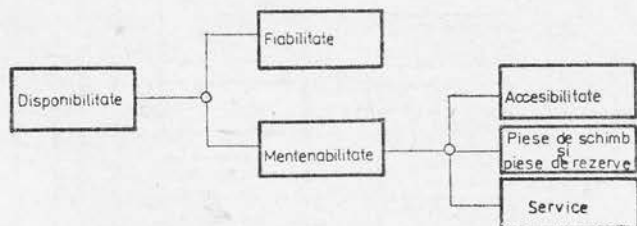


Fig. 14.5. Schema factorilor de care depinde disponibilitatea unui utilaj electromecanic.

14.4. CĂILE DE MĂRIRE A FIABILITĂȚII PRODUSELOR

Fiabilitatea și căile de mărire a acesteia se asigură în toate stadiile prin care trece un produs: cercetare, proiectare, producție, transport, exploatare, întreținere și reparații.

Realizarea unei fiabilități ridicate a produselor industriale, pe calea utilizării unor elemente componente cu fiabilitate mare, nu este însă întotdeauna posibilă, mai ales la produsele complexe. În asemenea cazuri, asigurarea nivelului dorit de fiabilitate se face prin metoda rezervării elementelor sau prin redondanță, legind în paralel două sau mai multe elemente de același timp cu o fiabilitate mai mică în așa fel încât, atunci când cade un element, altul să-i ia locul.

Fiabilitatea proiectată diferă adesea de fiabilitatea reală a unui produs pe care acesta o are după ce a fost fabricat. De aceea este necesar ca înainte de punerea în fabricație să se analizeze cu atenție prototipul. În timpul experimentării prototipului se pot depista o serie de deficiențe constructive care nu pot fi sesizate în faza de proiectare.

Fiabilitatea în faza de proiectare și în procesul de fabricație poate scădea dacă produsul nu este păstrat și transportat în mod corespunzător. De aceea, proiectantul trebuie să prevadă norme de conservare și transport pentru fiecare produs.

Factorii obiectivi și subiectivi care trebuie eliminați întrucât provoacă scăderea fiabilității sînt indicați în figura 14.6.

Ținîndu-se seamă de considerentele susmenționate, pentru ridicarea fiabilității echipamentelor, utilajelor, instalațiilor etc. este necesar să se

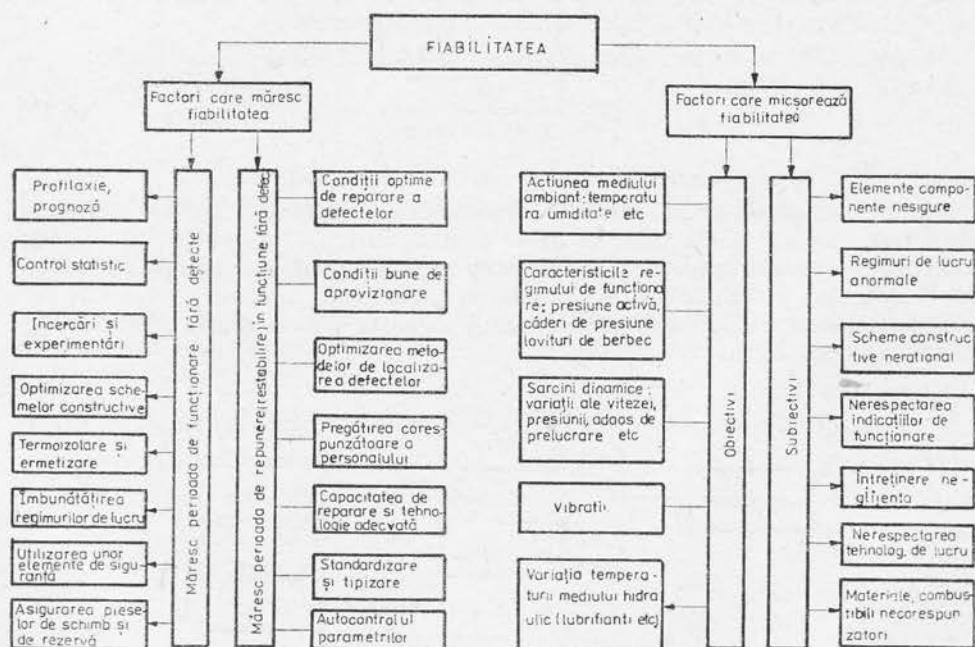


Fig. 14.6. Factorii care determină fiabilitatea unui echipament electromecanic.

aplice o serie de măsuri în toate stadiile prin care trec acestea, așa cum relevă figura 14.6.

Desigur, ridicarea nivelului fiabilității echipamentelor, utilajelor, instalațiilor etc. necesită cheltuieli de producție suplimentare, dar care se echilibrează prin reducerea cheltuielilor de exploatare și îndeosebi a celor de întreținere și reparații așa cum ilustrează figura 14.7.

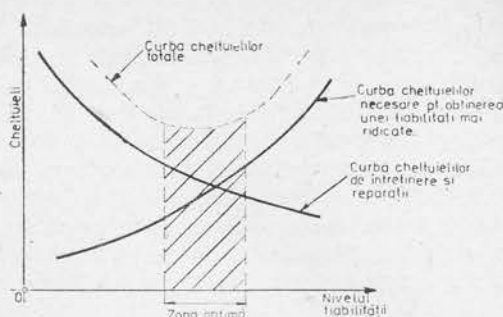


Fig. 14.7. Variația cheltuielilor în funcție de nivelul fiabilității unui echipament electromecanic.

14.5. PRELUCRAREA AUTOMATĂ A DATELOR PENTRU CALCULUL FIABILITĂȚII PRODUSELOR INDUSTRIALE

Cunoașterea modului de comportare și a siguranței în funcționare a echipamentelor, utilajelor, instalațiilor, aparatelor etc. se realizează pe baza informațiilor obținute din procesele de fabricație și exploatare în cadrul sistemului informațional — decizional a subsistemului fiabilității produselor industriale, în următoarele viziuni:

- ca parte organică a sistemului informațional — decizional al fiecărei unități industriale, interconectat modular cu celelalte subsisteme, îndeosebi cu acela privind gestiunea fondurilor fixe;
- ca parte a sistemului realizat și întreținut ca mijloacele informaticii, cu tehnicile electronice de prelucrare a datelor;
- ca sursă de informații și de decizie pentru toți factorii care concură la realizarea fiabilității: proiect anual, producătorul și utilizatorul mijloacelor de producție.

Organizarea culegerii informațiilor asigură veridicitatea și unicitatea documentelor primare pentru toate aplicațiile privind echipamentele, utilajele și instalațiile industriale, inclusiv componentele acestora.

Fişierul cu conținutul informațiilor cuprinde toate datele privind:

- *descrierea elementelor* aparatului de proiecție (descrierea necesităților de îmbunătățire a proiectelor, a tehnologiilor de fabricație, a regimurilor de exploatare ale produselor);
- *programul de observare*, care reprezintă enumerarea informațiilor ce se culeg pentru fiecare element (unitate de observare); programul are un caracter local, se alcătuiește pentru fiecare utilaj și cuprinde momentul punerii în funcțiune, momentul întreruperii funcționării, momentul căderii, momentul repunerii în funcțiune, cauzele căderilor pe clase de căderi (totale, parțiale etc.), cheltuieli legate de restabilirea elementului căzut.

Cu ajutorul celor susmenționate se calculează pentru fiecare utilaj timpii de funcționare, mentenanță (întreținere, reparații, depanări etc.), de întreruperi în funcționare, media timpilor de bună funcționare (MTBF), media timpilor de mentenanță, media timpilor de întreruperi, disponibilitate etc.

În general un echipament complex după cădere se repară și se repune în funcțiune. De aceea istoricul funcționării lui de-a lungul timpului de observare se va compune din timpii de bună funcționare, timpii de mentenanță și timpii de întrerupere.

Considerându-se datele de mai sus se alcătuieste curba de supraviețuire a echipamentelor și utilajelor, pe baza căreia se poate efectua studiul legii de fiabilitate (exponențială, normală, Weibull etc.).

Dacă s-a confirmat ipoteza referitoare la legea teoretică $f(t)$ pe care o urmează fiabilitatea unui echipament se calculează: *parametrii teoretici în reparații* (media timpilor de bună funcționare, abaterea standard a

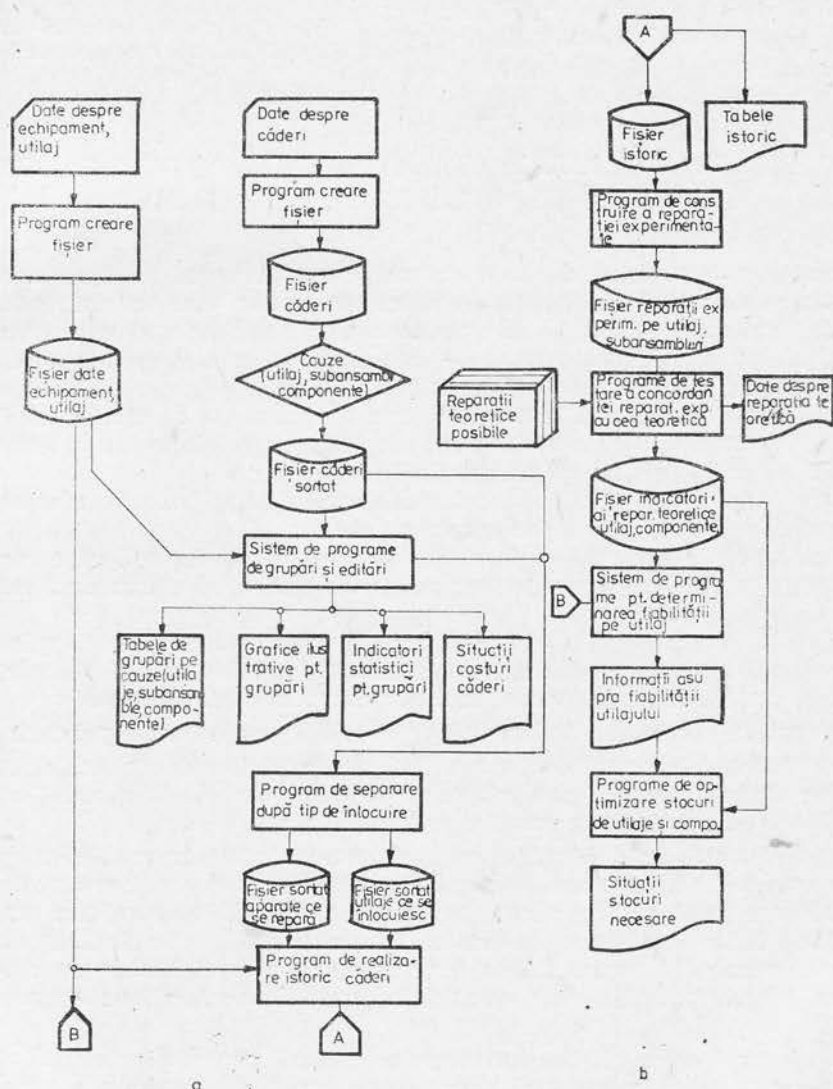


Fig. 14.8. Sistem automat de prelucrare a datelor pentru determinarea indicatorilor de fiabilitate, mentenabilitate și disponibilitate a unui echipament electromecanic.

timpului de bună funcționare); *parametrii specifici de fiabilitate*, probabilitatea de bună funcționare $R(t)$ și probabilitatea căderilor $F(t)$.

În final în urma studiului efectuat pe baza unor programe ce se racordează modular, se pot realiza:

a) strategia de mentenanță pentru beneficiar (conducerea activității de mentenanță, dimensionarea optimă a stocului de piese de schimb și materiale, dimensionarea formațiilor de întreținere și reparații);

b) informații feed-beck pentru proiectant și producător, privind modul de comportare și exploatare al echipamentelor, natura și frecvența căderilor, condiții specifice de exploatare.

În sensul celor menționate, figura 14.8 ilustrează sistemul automat de prelucrare a informațiilor în exploatarea mijloacelor de producție.

PARTEA A III-A

PROBLEME REFERITOARE LA CLASIFICAREA LUCRĂRILOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII, INFLUENȚA SOLICITĂRILOR ELECTRICE, TERMICE ȘI MECANICE ASUPRA ECHIPAMENTELOR ELECTROMECHANICE

CAPITOLUL 15

CLASIFICAREA LUCRĂRILOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARAȚII ALE ECHIPAMENTELOR ELECTROMECHANICE

15.1. GENERALITĂȚI

Exploatarea, întreținerea și repararea echipamentului electromecanic constituie o problemă principală în asigurarea desfășurării ritmice, normale a procesului de producție.

Funcționarea fără întreruperi a instalațiilor este strâns legată de modul în care sînt efectuate exploatarea, întreținerea și repararea echipamentelor electrice și mecanice ale utilajelor. Stabilirea termenelor optime pentru executarea reviziilor și reparațiilor, aplicarea unor procedee tehnice moderne la executarea acestora sînt probleme de mare importanță care trebuie să fie rezolvate de unitățile de exploatare și reparații.

Pentru funcționarea corectă și fără avarii este necesar să se cunoască din timp orice deranjament ivit în funcționarea echipamentelor și utilajelor electromecanice, pentru a putea fi remediat, evitîndu-se astfel producerea de pagube materiale. În acest scop se stabilește un sistem de control și de reparații preventive planificate pentru echipamentul electromecanic, în special, precum și pentru toate agregatele de producție.

Problema exploatarea, întreținerii și reparării utilajelor electromecanice, constă nu numai în înlăturarea deteriorărilor survenite în urma avariilor dar și în prevenirea acestor avarii, care sînt foarte neplăcute în procesul de producție. Datorită acestui fapt crește siguranța în funcționare a utilajului electromecanic, prelungindu-se durata de funcționare a mașinilor electrice și a instalației în care acest utilaj este montat.

Siguranța în funcționare — fiabilitatea — este un concept care în înțelesul său actual a apărut în jurul anului 1950, în legătură cu problemele de electronică, legat de aplicarea acestuia la rachete și sateliți, în aviație, în radar și la calculatoarele cifrice.

Dacă se definește fiabilitatea unui sistem tehnic drept proprietatea lui ca într-un interval de timp dat să funcționeze cu anumite probabilități în condiții de calitate date, siguranța apare caracterizată prin funcțiuni de probabilitate avînd ca variabile timpul și comportările posibile ale sistemului.

Aprecierea fiabilității se face deci prin indicatori numerici de natură probabilistică, printre care durata medie de funcționare într-un interval de timp, durata medie de defectare și numărul mediu de defecte (avarii) în același interval de timp.

Caracteristica pagubelor provocate de nefuncționarea utilajului dependente de durata întreruperii, constituie un element de bază în efectuarea unor analize tehnico-economice cu considerarea siguranței în funcționare. În etapa actuală, progresul tehnic industrial și activitatea de toate zilele a omului sînt strîns legate de un consum sporit de energie și în primul rînd, de energie electrică.

Partidul Comunist Român a înfăptuit o politică economică profund științifică, a indicat încă la Conferința Națională din 1945 că electrificarea țării, considerată ca una dintre pirghiile principale ale dezvoltării industriei socialiste, trebuie să se înscrie printre obiectivele de seamă în cadrul operei de făurire a unei economii prospere.

Politica partidului și statului nostru de industrializare socialistă a țării a impus dezvoltarea cu un pas înainte a sectorului de producere a energiei electrice față de celelalte sectoare.

Gradul de tehnicitate ridicat al agregatelor energetice a impus asigurarea unui potențial tehnic deosebit atît pentru producerea acestora, cît și pentru executarea pieselor de schimb și repararea la aceste agregate.

Făcîndu-se un scurt istoric asupra producției de energie electrică se constată că la începutul secolului, aproximativ 10% din energia folosită de omenire a fost energia electrică, iar în 1971 — 25%, ca la finele acestui secol, să se prevadă o pondere a energiei electrice de 45—50% din totalul de energie utilizată.

Producția de energie electrică — pe plan mondial — crește în progresie geometrică, dublîndu-se practic la fiecare zece ani (rata anuală de creștere: 8...8,5%) (fig. 15.1).

În graficul 15.1 se redă producția mondială de energie electrică rezultată de altfel din tabelul următor:

Tabelul 15.1

Producția mondială de energie electrică

Anul	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Producția de energie electrică (kWh)	9	35	130	300	500	992,3	2 303,6	5 220	7 200	12 000	20 000

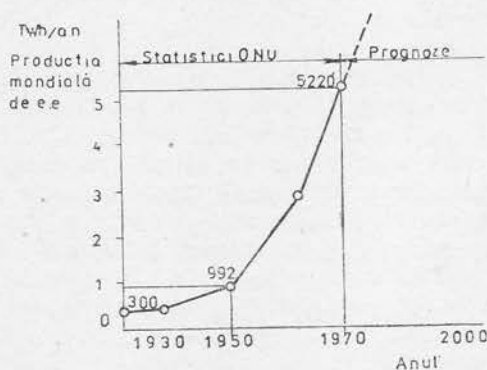


Fig. 15.1. Graficul producției mondiale de energie electrică pînă în anul 2000.

În țara noastră prima centrală electrică publică a fost instalată și pusă în funcțiune la Timișoara, la finele anului 1884. Creșterea producției totale de energie electrică în România se prezintă în tabelul 15.2.

Tabelul 15.2

Producția de energie electrică în România

Anul	1945	1955	1960	1970	1980
Producția totală, de energie electrică (kWh)	1,25	4,34	7,65	35,90	75

15.1.2. CAUZELE DEFECTĂRII APARATAJULUI ELECTROMECHANIC

Cauzele principale ale defectării aparatajului electromecanic ce deserveste diferite utilaje sînt:

a. Defecte de fabricație sau produse în timpul montării aparatajului. De obicei, acestea apar în timpul probelor de intrare în funcțiune a utilajului sau în timpul rodajului lor. Proba tehnologică durează 72 h, timp în care toate defectele constructive și de montaj trebuie să iasă la iveală și să se permită trecerea în funcționare continuă de durată.

b. Defecte datorită abaterii de la parametrii normali de funcționare cauzate de procesul tehnologic (șocuri de curent, suprasarcini etc.). Funcționarea perfectă și fără întrerupere a utilajelor electromecanice depinde în special de alegerea corespunzătoare a aparatajului electric de protecție și a puterii nominale a motorului electric ce acționează mașina sau utilajul respectiv. Pentru aceasta, în primul rînd, trebuie să se aleagă corect puterea motorului electric în funcție de modul de variație a sarcinii cerute de mașina de lucru și apoi, în funcție de puterea motorului se alege și aparatajul de protecție și pornire al lui, care trebuie să poată suporta curentul absorbit de mașină la pornire și în plină sarcină. Fiecare motor electric trebuie să fie protejat printr-un întrerupător automat, care să conțină relee termoelectrice pentru suprasarcină și relee electromagnetice pentru scurtcircuit, iar dacă relele electromagnetice lipsesc din construcția automatului, acesta trebuie să aibă prevăzut pe fiecare fază un releu termic, iar în instalație se vor monta în amonte, pe toate fazele, siguranțe fuzibile.

c. Defecte datorite manevrelor greșit executate de către personalul de exploatare. În general, în aceste cazuri nu se respectă succesiunea operațiilor de manevre față de cele stabilite corect. Ex.: pornirea ventilatoarelor mari direct în sarcină cu șubărul deschis, care are ca efect absorbirea unor curenți de pornire foarte mari din rețea, deci șocuri de curent în rețea și supraîncălziri ale motorului; prelucrarea pieselor la strung prin angajarea cuțitului de strung în material pe o adîncime mare, care face ca mașina să meargă în suprasarcină, rezultînd supraîncălcări nedorite ale motorului și echipamentului electric.

Acest tip de defecte se pot evita în întregime cînd instalațiile sînt deservite de personal competent și bine instruit.

d. Defecte datorite unor condiții externe întimplătoare, ca: umiditate, căldură, praf sau alte acțiuni distructive chimice, fizice și mecanice (în categoria cărora intră poluarea, coroziunea, incendiile, cutremurele etc.).

În general aparatele și utilajele ce se folosesc în exploatare în condiții de lucru speciale, trebuie să satisfacă în afară de condițiile tehnice normale și condițiile tehnice speciale din standardele respective pentru anumite locuri de lucru, ca de ex: altitudini mai mari de 1000 m, temperaturi mai joase de -15°C , temperaturi mai ridicate de $+40^{\circ}\text{C}$, medii cu praf și fum, medii cu gaze explozive sau incendiare, medii cu vapori corosivi etc.

15.1.3. CLASIFICAREA REPARAȚIILOR

Utilajele electromecanice trebuie întreținute și reparate în mod organizat, planificat. Ca metodă universal valabilă se alege metoda reparațiilor preventiv planificate. În acest caz se programează efectuarea reparației la anumite intervale de timp dinainte stabilite, fără să se aștepte uzarea vizibilă a pieselor. Această metodă se bazează pe studiul uzurii echipamentelor în raport cu intensitatea folosirii lor în exploatare, metoda are un caracter preventiv, iar reparațiile se execută pe baza unui plan. Avantajele folosirii acestei metode în instalațiile electromecanice constau în faptul că dă posibilitatea prevenirii apariției de avarii accidentale, prin executarea la timp a controlului și a reparațiilor planificate și permite determinarea capacității atelierelor de reparații, precum și o planificare rațională cu materiale și piese de schimb pentru reparații.

În cursul exploatării utilajelor electromecanice, unele dintre piesele sale prezintă necesitatea de a fi înlocuite sau reparate de mai multe ori decât alte piese, a căror uzură se produce mai lent.

Pe baza acestor constatări, în funcție de natura lucrărilor necesare utilajele electromecanice se supun la trei categorii de reparații:

- reparații curente (R_{c1} sau C);
- reparații mijlocii (R_{c2} sau M);
- reparații capitale (R_K sau K).

Extinzându-se sfera preocupărilor de la momentul recepției utilajelor pentru a fi puse în funcțiune pînă la scoaterea lor din funcțiune, sistemul de revizii și reparații planificate ale utilajelor electromecanice prevede următoarele obligații:

- recepția utilajelor sosite la locul de producție;
- montarea utilajelor în instalații;
- întreținerea utilajelor electromecanice;
- efectuarea reviziilor tehnice (R_1);
- efectuarea reparațiilor curente (R_{K1});
- efectuarea reparațiilor mijlocii (R_{K2});
- efectuarea reparațiilor capitale (R_K).

În momentul sosirii utilajului la locul de destinație acesta trebuie să fie verificat dacă nu a fost deteriorat în timpul transportului. Cu această ocazie se verifică existența schemei și instrucțiunilor de funcționare și a buletinelor de calitate.

Montarea aparatelor și utilajelor electromecanice trebuie să se facă în concordanță cu proiectul și respectarea tuturor prevederilor speciale pentru aceasta.

Prin întreținerea utilajelor electromecanice se înțelege o supraveghere permanentă a acestora în timpul funcționării și intervenția imediată în cazul apariției unor abateri de la funcționarea normală.

15.1.4. REVIZIA TEHNICĂ

Revizia tehnică cuprinde ansamblul de operații executate sistematic (periodic) pentru verificarea, curățirea, ungerea, înlocuirea unor piese uzate și eliminarea unor defecțiuni ce impun lucrări de mică amploare, având și scopul de a constata în prealabil starea tehnică a utilajelor, înainte de executarea primei reparații planificate.

Revizia tehnică are drept scop menținerea stării tehnice corespunzătoare a utilajului, prevenirea și eliminarea defecțiunilor la părți care au un grad de fiabilitate redus (garnituri, rulmenți etc.), curățirea suprafețelor de schimb de căldură, verificarea organelor și fluidelor din ansamblul de ungere și înlocuirea, după caz, verificarea și punerea la punct a organelor de siguranță, protecție și automatizare.

Revizia tehnică se execută cu oprirea agregatului și la locul de lucru al instalației sau utilajului, de către echipe specializate.

15.1.5. REPARAȚIA CURENTĂ

Reparația curentă este ansamblul de operații prin care se remediază toate defecțiunile apărute la utilaje în perioada exploatării, cu excepția operațiilor de remediere a defectelor ce se efectuează în cadrul reparațiilor capitale.

Reparațiile curente cuprind următoarele categorii de lucrări:

- înlocuirea pieselor defecte, fără demontarea de pe utilaje a agregatelor, a ansamblurilor sau a subansamblurilor respective;
- lucrări constând din demontarea parțială sau totală a agregatelor, a ansamblurilor sau a subansamblurilor defecte și remedierea sau înlocuirea lor cu altele, noi sau reparate.

În funcție de mărimea ciclului de reparații, de volumul lucrărilor care se execută și de valoarea pieselor și a subansamblurilor reparate, recondiționate sau înlocuite, reparațiile curente se împart în:

- reparații curente de gradul I (R_{c1})
- reparații curente de gradul II (R_{c2}) sau mijlocii.

Reviziile tehnice și reparațiile curente se execută din fondurile de producție afectate prin prețul de cost al întreprinderii.

15.1.6. REPARAȚIA CAPITALĂ

Reparația capitală este ansamblul de lucrări de reparații care se execută în scopul readucerii utilajului cât mai aproape de caracteristicile tehnice, constructive și funcționale inițiale, astfel încât să corespundă tuturor condițiilor tehnico-economice.

În cadrul reparației capitale se pot executa lucrări cu demontarea parțială sau totală a fondului fix, recondiționarea sau înlocuirea parțială sau totală a pieselor uzate, care nu mai pot funcționa în condiții de siguranță și de precizie.

O dată cu efectuarea reparațiilor capitale se pot aduce unele îmbunătățiri și modernizări, cu condiția ca valoarea totală a reparației capitale să nu depășească 60% din valoarea de înlocuire a utilajului respectiv. Reparațiile capitale reprezintă lucrări de mare anvergură.

Reparațiile capitale se finanțează din fondurile speciale de reparații capitale, puse la dispoziția întreprinderilor prin secțiuni separate de plan.

15.1.7. VOLUMUL REPARAȚIILOR

Periodicitatea diverselor feluri de reparații este condiționată în primul rând de numărul de ore de funcționare. Pe baza experienței acumulate pentru fiecare tip de utilaj există norme care stabilesc duratele de timp la care aceste instalații se scot în reparație.

Totalul zilelor de funcționare dintre două reparații capitale (respectiv din momentul dării în exploatare a utilajului nou până la prima reparație capitală) se numește ciclu de reparații. În cuprinsul ciclului de reparații sînt înseriate într-o succesiune bine stabilită celelalte feluri de reparații (reparațiile curente și mijlocii). Această succesiune formează structura ciclului de reparații. Exemplificare:

$$K - C - C - C - M - C - C - C - K. \quad (15.1)$$

În funcție de natura utilajului electromecanic, intervalele de timp la care se efectuează diversele lucrări de reparații sînt foarte diferite.

Timpul de funcționare se calculează cu formula:

$$t = \frac{T - (K + nM + mC)}{r + 1} \quad (15.2)$$

în care:

- T este durata ciclului de reparație, în h;
- K — durata calendaristică a reparațiilor capitale;
- M — durata calendaristică a reparației mijlocii;
- C — durata calendaristică a reparației curente;
- n — numărul de reparații mijlocii într-un ciclu de reparații;
- m — numărul de reparații curente într-un ciclu de reparații;
- r — numărul total de reparații curente și mijlocii.

Durata reparațiilor se calculează cu formula:

$$A = \frac{B}{kS} + H, \quad (15.3)$$

în care:

- A este durata opririi pentru reparație, în h;
- B — numărul de ore de lăcătușerie, operații cu caracter electric și prelucrări pe mașini-unelte necesare pentru executarea reparației respective;
- k — numărul de muncitori care lucrează simultan la reparație;
- s — numărul de schimburi în care se lucrează la reparație, a 8 ore;
- $H = r B$ — timpul, în h, necesar pentru verificări, vopsiri, uscarea ($r=0$ la reparații curente și mijlocii și $r=0,1$ la reparații capitale).

În tabelul 15.3 sînt date cîteva exemple din normele tehnice pentru repararea echipamentelor și a instalațiilor energetice.

15.1.8. EFECTUAREA REPARAȚIILOR

Lucrările de reparații pun probleme deosebite în ceea ce privește organizarea echipelor de lucru.

Organizarea echipelor de reparații trebuie să țină seamă de o serie de factori, și anume:

- lucrările de reparații să se execute în timp minim;
- calitatea lucrărilor să fie la nivel ridicat;
- productivitatea muncii să fie corespunzătoare;
- calificarea personalului să fie la nivelul cerut de complexitatea lucrărilor;
- dotarea echipelor de lucru cu cele necesare bunei desfășurări a procesului tehnologic;
- planificarea lucrărilor;
- felul reparației și tipul echipamentului.

Mărimea componentei echipelor se alege cât mai judicios ținându-se seamă de volumul lucrărilor și de specialitatea acestora.

Însușirea cât mai corectă a procedurilor tehnologice de lucru și respectarea cu strictețe a instrucțiunilor de reparații sînt factori determinanți ai reușitei unei reparații de bună calitate.

Reparațiile la utilajele electromecanice se vor efectua numai după ce instalația a fost scoasă din funcțiune, iar la locul de muncă au fost luate toate măsurile de tehnică a securității muncii, pentru evitarea în totalitate a posibilităților de accidentare.

După efectuarea lucrărilor de reparații se vor efectua o serie de încercări și măsurări, în conformitate cu normele în vigoare. De exemplu, se va măsura rezistența de izolație a diverselor părți componente, se fac probe de ulei, se măsoară vibrațiile la mașinile rotative, se măsoară rezistențele de contact, precum și alte probe necesare pentru a se putea trage concluzii asupra stării instalației reparate.

15.1.9. ÎNTOCMIREA DOCUMENTAȚIILOR DE REPARAȚII

Lucrările de reparații se vor executa pe bază de documentații tehnice dinainte întocmite.

Reparațiile curente și mijlocii se execută pe baza unor fișe de lucrări în care se indică operațiile care urmează a fi efectuate. Lucrările de reparații capitale se execută numai pe bază de proiecte de execuție.

Pentru programarea și urmărirea mai ușoară a lucrărilor se întocmesc grafice de reparații, care pe abscisă au timpul în zile de lucru, iar pe ordonată înșiruirea operațiilor de lucru. În cadranul axelor de coordonate, se reprezintă duratele de execuție cu data începerii și terminării fiecăreia. În tabelul 15.4 este dat un grafic pentru înlocuirea unei bobine defecte la un generator.

Executarea lucrărilor de reparații se mai poate face și prin reprezentarea pe anumite grafe, la care se urmărește „drumul critic”, care reprezintă durata totală a acelor lucrări ce limitează întregul proces proiectat. Toate lucrările situate pe acest drum sînt strict încadrate în timp, ceea ce nu permite nici o întârziere în executarea lor (fie ea impusă chiar de condiții obiective), impunînd executanților să-și concentreze atenția asupra acestora.

Grafic de reparație a unui generator electric

Operațiile de executat	Zile												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Demontarea scuturilor generatorului	—												
Demontarea excitatoarei	—												
Scoaterea rotorului generatorului		—											
Refacerea bobinajului statoric			—	—	—	—	—	—	—				
Impregnarea bobinajului									—				
Uscarea izolației bobinajului										—	—	—	
Ajustarea fusurilor rotorului			—	—	—	—	—						
Revizia echipamentului auxiliar al generatorului													
Revizia întreruptorului generatorului				—	—	—	—	—	—				
Măsurări electrice și mecanice													—
Montarea generatorului (rotor, capace, excitatoare)								—					

Trebuie făcută o deosebire netă între lucrările principale (așezate pe drumul critic) și lucrările secundare (nesituate pe drumul critic), care dispun de anumite rezerve de timp. Astfel, la nevoie este posibil să se facă transferul de forță și mijloace de muncă afectate lucrărilor secundare la lucrările principale.

15.1.10. ORGANIZAREA ATELIERELOR DE REPARAȚII

Pentru buna desfășurare a procesului de reparare este necesar ca fiecare întreprindere să fie dotată cu un atelier electric și cu un atelier mecanic.

În cadrul atelierului, activitatea se împarte pe locuri de muncă. Locul de muncă este veriga de bază a producției și reprezintă zona (spațiul) înzestrată cu tot ce este necesar (utilaj, unelte, mobilier etc.) pentru realizarea unei sarcini sau efectuarea unei activități de către un executant (individual sau colectiv).

Ergonomia urmărește realizarea unor raporturi optime între om-mijloc de muncă-mediu (fizic și social), cu efecte de creștere a productivității muncii și îmbunătățire a condițiilor de muncă ale omului. („ergos” — putere, forță, muncă; „nomos” — știință, teorie).

Ergonomia este identică ca denumire cu psiho-tehnica, psihologia inginerescă etc.

În activitatea de producție, în afara efortului fizic sau psihic depus de om, există o serie de factori legați de ambianța (mediul) în care se desfășoară munca, influențând gradul de oboseală; dintre aceștia enumerăm:

— factori de ambianță fizică: iluminat, microclimatul (temperatură, umiditate, viteza aerului, radiații calorice), puritatea aerului, zgomotul, vibrațiile etc.;

— factori de ambianță psihică: coloritul, muzica funcțională, considerația-desconsiderația, colaborarea-necolaborarea, interesul-dezinteresul, variația-monotonia;

- odihna, relaxarea, distracția;
- practica și antrenamentul în muncă;
- durata schimbului de lucru.

15.1.11. ÎNZESTRAREA TEHNICĂ A ATELIERELOR DE REPARAȚII

Efectuarea reparațiilor în ateliere în condiții corespunzătoare necesită ca aceste ateliere să fie dotate cu o serie de echipamente și aparate speciale.

Orice reparație a aparaturii electrice este însoțită de demontarea și montarea întregului aparat sau a anumitor părți ale acestuia, după caracterul reparației. Pentru executarea acestor operații sînt necesare diverse scule, dispozitive și aparate, dintre care enumerăm cele mai uzuale; șurubelnițe cu minerul izolat; chei mecanice hexagonale; chei tubulare; chei reglabile sau variabile; clești de montaj; ciocane de lipit; ferăstrăul de mînă sau bomfaierul; mașina de găurit portabilă; șabloane diferite pentru bobine; carcăse izolante pentru bobine; dispozitiv pentru executarea bobinelor; baia pentru impregnarea bobinelor; cuptorul de uscat bobinele acoperite; surse de energie electrică cu tensiune alternativă; surse de energie electrică cu tensiune continuă; indicatorul de tensiune pînă la 500 V; voltampermetrul portabil pentru c.a. și c.c. (multavi); ampermetrul portabil; voltampermetrul portabil; ohmetrul; megohmetrul de 500 V (2500 V) sau indicatorul; transformatorul de curent în formă de clește, numit și clește Dietze; milivoltmetrul; dinamometrul; completul de calibre și interstii; aparatul pentru controlul continuității circuitelor; indicatorul de succesiune a fazelor; termometre și termocupluri; instrumente și aparate de măsurat lungimile: șublerul, micrometrul, metrul, ruleta.

CAPITOLUL 16

PROBLEME TEHNICE ALE EXPLOATĂRII, ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII ECHIPAMENTELOR ELECTRICE

16.1. ÎNCĂLZIREA ECHIPAMENTELOR ȘI APARATELOR ELECTRICE

În ansamblul de instalații, mașini, aparate și diferitele accesorii ce constituie utilajele electromecanice, folosite pentru executarea unor lucrări sau pentru realizarea unui proces tehnologic, apar în timpul funcționării o serie de fenomene, dintre care cele mai importante sînt:

- încălzirea echipamentelor electrice;
- influența curenților de scurtcircuit asupra instalațiilor electrice;

- arcul electric;
- solicitări termice ale legăturilor de contact;
- umezirea și uscarea izolației;
- răcirea instalațiilor electrice;
- vibrații ale mașinilor electrice.

La trecerea curentului prin aparatele și mașinile electrice, în elementele componente ale acestora (căi de curent, bobine, miezuri feromagnetice, izolație) se dezvoltă căldură. Astfel: datorită efectului Joule are loc încălzirea căilor de curent; datorită pierderilor prin hysterezis și prin curenți turbionari are loc încălzirea miezurilor feromagnetice; prin pierderile în dielectric are loc încălzirea izolației aparatelor și mașinilor electrice. O altă categorie de pierderi care contribuie la încălzirea mașinilor electrice sînt cele de natură mecanică datorită frecărilor. Pierderile cele mai mari se produc însă în căile de curent ca urmare a transformării unei părți din energia electrică vehiculată prin aceste căi în energie calorică, datorită rezistenței proprii a circuitelor.

Pierderile prin frecare cuprind pierderile prin frecare în lagăre și pierderile prin ventilație. Mașinile mici au aproape exclusiv lagăre cu rostogolire (cu rulmenți: role la mașinile mai mari și bile la mașinile mai mici). Cînd este necesară o mișcare mai liniștită a mașinii se folosesc lagăre cu frecare (cu cuzineți). Pierderile mecanice depind practic de viteză, deci variază cu turația.

Pierderile prin ventilație depind de tipul ventilației: radială sau axială. Cu excepția mașinilor de inducție toate celelalte mașini electrice rotative au prezent contactul glisant. La un contact glisant se produc pierderi de natură mecanică prin frecarea periilor de partea colectoare.

În regimul de funcționare de durată, încălzirea diferitelor părți constructive ale echipamentelor electrice trebuie să fie limitată de temperatura maximă admisă a materialelor, astfel încît acestea să nu-și modifice proprietățile mecanice și electrice, asigurîndu-se astfel o funcționare de lungă durată a instalației.

Deteriorările care pot să apară în urma încălzirii excesive sînt:

- deteriorarea izolației electrice organice solide (bumbac, cauciuc, hîrtie), alterarea sau descompunerea uleiurilor izolante;
- topirea lipiturilor cositorite (la papuci de cablu, la manșoane de legătură, la capete de bobină);
- deteriorarea locurilor de contact (la îmbinările conductoarelor, la racordarea echipamentelor etc.);
- deformări ca urmare a unor dilatări termice inegale sau încălziri diferite etc.

Transmiterea căldurii se face prin cele trei căi:

- prin *convecție*, care are la bază procesul schimbului de căldură dintre fluidul de răcire și corpul solid încălzit, care sînt puse în contact;
- prin *radiație*, care are loc la orice corp cu temperatura diferită de zero absolut; energia de radiație se transmite sub formă de unde ce se răspîndesc în mediul înconjurător, propagîndu-se în linie dreaptă și se supun legilor opticii;
- prin *conducție*, la care în cadrul instalațiilor electrice, căldura pierdută prin conducție se neglijează în comparație cu căldura pierdută prin radiație și convecție.

Starea de încălzire a instalațiilor electrice depinde de doi factori importanți:

- mediul ambiant în care este situată instalația;
- regimul de lucru la care este solicitată instalația.

Factorul determinant al mediului ambiant îl constituie temperaturile zonei, regiunii sau încăperii în care este montată instalația respectivă.

Se disting două regimuri fundamentale de încălzire a aparatelor și instalațiilor electrice:

— *regimul de încălzire de lungă durată sub curentul nominal*, care este regimul care se caracterizează prin echilibru termic, adică egalitatea dintre cantitatea de căldură dezvoltată de curent în aparat și cantitatea de căldură evacuată în mediul de răcire;

— *regimul de încălzire la un curent mai mare decât cel nominal*, care este regimul în care nu există echilibru între căldura dezvoltată și căldura preluată de mediul de răcire. Cazul cel mai caracteristic al acestui regim este *încălzirea la curentul de scurtcircuit*.

Temperaturile admisibile ale conductoarelor și aparatelor atît pentru regim de lungă durată, cît și pentru regim de scurtcircuit sînt standardizate și țin seamă de următorii factori:

- proprietățile fizico-mecanice ale conductoarelor;
- oxidarea conductoarelor și a legăturilor de contact;
- proprietățile izolante ale materialelor electroizolante.

Cercetările au arătat că după 10 s la 400°C rezistența mecanică la întindere a cuprului scade sub 60% iar a aluminiului sub 40%; de

Tabelul 16.1

Clasificarea materialelor electroizolante pe clase termice de utilizare

Simbolul clasei de izolație	Temperatura corespunzătoare stabilității termice, °C	Exemple de materiale electroizolante
Clasa Y	90	— Bumbac, mătase, hîrtie — neimpregnate
A	105	— Bumbac, mătase, hîrtie — impregnate
E	120	— Unele pelicule organice sintetice
B	130	— Materiale pe bază de mică, fibre de sticlă, azbest cu lianți organici
F	155	— Materiale pe bază de mică, azbest și fibre de sticlă cu lianți și compunduri de impregnare corespunzătoare
H	180	— Materiale pe bază de mică, azbest și fibre de sticlă cu lianți și compunduri silicoorganice
C	peste 180	— Materiale pe bază de mică, porțelan, cuarț, sticlă cu sau fără lianți anorganici

asemenea, oxidarea devine foarte intensă dacă temperatura trece de 70...75°C. De aceea, normele prevăd temperatura limită pentru contacte de 75°C. Pentru izolanții organici s-a determinat, experimental, că la fiecare creștere cu 8 K a temperaturii stabilizate, durata de viață se reduce la jumătate.

Rezistența la încălzire a materialelor izolante este factorul care limitează solicitările termice ale mașinilor și aparatelor, deci puterea acestora. Din acest punct de vedere, materialele electroizolante se împart în mai multe clase, caracterizate prin temperatura maximă pe care o pot suporta un timp îndelungat în buna funcționare a mașinilor și aparatelor (tabelul 16.1).

Temperaturile maxime admisibile la încălzirea de scurtă durată a părților componente ale aparatelor, prin curenți de scurtcircuit, sînt mai mari în comparație cu temperaturile admise la încălzirea de lungă durată (tabelul 16.2). Aceasta se explică prin faptul că procesul de încălzire a materialelor conductoare și izolante în timpul scurtcircuitului se desfășoară într-un interval de timp foarte scurt (de la fracțiuni de secundă la câteva secunde), interval în care materialele date sînt în stare să suporte aceste creșteri de temperatură fără o modificare substanțială a rezistenței mecanice și a rigidității dielectrice.

Tabelul 16.2

Temperaturi maxime admisibile la scurtcircuit a părților componente ale aparatelor electrice

Denumirea piesei (materialului)	Temperatura maximă admisibilă, °C	
	Regim de lungă durată	Regim de scurtă durată
Contacte de cupru în aer: — argintate — neargintate	105 75	330 300
Contacte de cupru în ulei: — argintate — neargintate	90 75	265 300
Părți metalice în contact cu materiale izolante de următoarele clase: — clasa Y (pt. mat. neimpregnate) — clasa A (pt. mat. cufundate în ulei sau impregnate) — clasa B, în aer — clasa B, în ulei — clasa C, în aer — clasa C, în ulei — email pe bază de ulei — material sintetic, în aer — material sintetic, în ulei	90 100 130 100 130 110 100 120 100	200 250 320 300 320 300 250 270 250
Toate părțile metalice sau din materiale izolante în contact cu uleiul Ulei Apă (expansină)	100 80 70	— — —

16.2. INFLUENȚA CURENȚILOR DE SCURT-CIRCUIT ASUPRA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

Cauzele principale ale scurtcircuitelor constau în:

— defectarea izolației părților conductoare de curent din instalațiile electrice; acest defect poate proveni din îmbătrânirea naturală a materialului izolant sau accentuarea unor defecte interne, de fabricație a materialului;

— supratensiuni provocate de descărcări atmosferice;

— manevrarea greșită a aparatelor (întreruptoare, separatoare etc.) de către personalul de exploatare;

— acțiuni străine de instalație (lovirea cablurilor, ruperea conductoarelor, contactul animalelor și păsărilor cu părțile conductoare de curent etc.).

În cadrul sistemelor trifazate sînt posibile trei forme de scurtcircuit și anume: trifazat (simetric), bifazat și monofazat (nosimetrice). Asupra instalațiilor electrice curenții de scurtcircuit au influențe negative. Astfel, datorită valorilor mari (pînă la cîteva sute de mii de amperi), curenții de scurtcircuit pot produce deteriorări ale echipamentului electric la eforturile electrodinamice pe care le creează. Valorile foarte mari ale curenților de scurtcircuit pot, de asemenea, provoca deteriorarea izolației prin supraîncălzirea părților conductoare de curent.

În cazul scurtcircuitului trifazat, la locul de scurtcircuit valoarea tensiunii devine egală cu zero.

Reducerea tensiunii produce o reducere a cuplului motor, la motoarele electrice, întrucît cuplul este proporțional cu pătratul tensiunii aplicate. În cazul în care tensiunea aplicată motorului scade la valori foarte reduse, cuplul motor al motoarelor poate deveni insuficient pentru antrenarea echipamentelor și motoarele se opresc din funcționare.

Dacă totuși este posibilă funcționarea motoarelor, aceasta se face cu turație redusă, care de asemenea are două consecințe, și anume: stînjînirea procesului tehnologic care poate duce uneori la stagnarea producției și supraîncălzirea motoarelor.

Efectele mecanice și termice ale curenților de scurtcircuit pot produce avarii grave ale echipamentelor electrice din centrale, stații, rețele și din întreprinderile industriale.

O metodă foarte eficientă pentru micșorarea curenților de scurtcircuit este introducerea în serie cu calea de curent a unor reactanțe inductive, denumite *reactoare*. Conectarea bobinelor de reactanță în instalații se face, de obicei, pe plecările de cablu de pe barele colectoare ale stațiilor de medie tensiune și au scopul de a reduce curentul de scurtcircuit debitat prin aceste plecări (fig. 16.1).

16.3 ARCUL ELECTRIC ÎN APARATE

Întreruperea unui circuit electric este întotdeauna însoțită de un arc electric între contactele aparatului de comutație. De asemenea, și la închiderea circuitelor electrice apare un arc între contac-

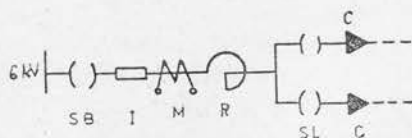


Fig. 16.1. Modul de conectare a unei bobine de reactanță la rețeaua de alimentare cu energie electrică:

SB, SL — siguranțe; M — bobină; I — rezistență; R — releu; C — contacte.

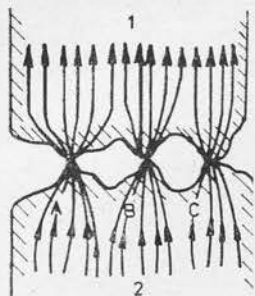


Fig. 16.2. Concentrația cîmpului termic la desfacerea contactelor 1 și 2.

tele aparatului de comutație, dar efectul termic al acestuia este mic, datorită vitezei mari de închidere a contactelor.

Energia cîmpului magnetic al sistemului se transformă în arc electric în energie calorică. Arcul electric are o temperatură înaltă atît în coloana lui, cît și în punctele sale de sprijin (picioarele arcului), astfel încît el produce o solicitare suplimentară față de solicitările termice la care este supus în mod normal aparatul și corodează contactele pe care se sprijină. Arcul electric fiind deci distrugător, trebuie limitat ca spațiu și timp. Densitatea mare de curent din petele anodică și catodică ale arcului (cîteva mii de amperi pe centimetru pătrat) duce la crearea în arc a unei temperaturi mari.

Studiul arcului electric, cunoașterea proprietăților sale, precum și a metodelor de stingere a lui, au o mare importanță pentru proiectarea, construirea și exploatarea rațională a aparatelor de comutație, întrucît întreruperea unui circuit electric constă de fapt în a stinge arc electric într-un timp scurt, înainte ca el să devină periculos atît pentru obiectele alăturate, cît și pentru stabilitatea sistemului.

La desfacerea contactelor 1 și 2 (fig. 16.2), căldura corespunzătoare RI^2t se concentrează într-un volum foarte mic de metal format din conurile vîrfurilor A, B, C, ... care se ating. Aceste vîrfuri, în număr relativ mic, se încălzesc pînă la temperaturi foarte înalte și pînă la urmă se volatilizează sub formă de explozie, formînd astfel o plasmă de mare conductivitate.

Formarea arcului electric la închiderea contactelor se datorește, în principal, curentului capacitiv, cele două contacte formînd armăturile unui condensator. Acest proces începe cînd gradientul tensiunii între contacte ajunge la 10^7 V/cm, valoare la care începe autoemisia de electroni.

Arcul electric este un flux de electroni și ioni, care are în zona sa centrală o temperatură foarte ridicată. Fluxul de electroni și ioni constituie miezul arcului, zona sa axială, a cărei secțiune are o valoare anumită pentru o presiune dată a mediului înconjurător și este proporțională cu intensitatea curentului din arc. Această parte a arcului electric, de o luminozitate intensă este de fapt coloana lui, care are conductivitatea electrică cea mai mare și prin care trece aproape tot curentul. Miezul arcului este înconjurat de un strat mai gros, dar mai puțin luminos și cu temperatura relativ mai mică, deci și conductivitatea electrică mai mică, denumit *aureolă*.

16.4. PROPRIETĂȚILE ARCULUI ELECTRIC

Arcul electric de deschidere constituie o descărcare electrică automată în gaze caracterizată prin: densitate mare de curent ($10^3 \dots 10^8$ A/cm²), temperatură înaltă (5000 ... 6000°C), presiune mare a gazului și cădere mică de tensiune (un gradient mic al tensiunii în coloana arcului 10 ... 20 V/cm).

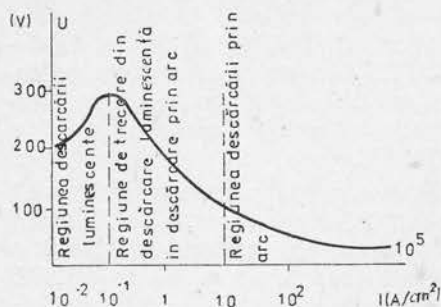


Fig. 16.3. Dependenta tensiunii de curent, la diverse tipuri de descărcări în gaze.

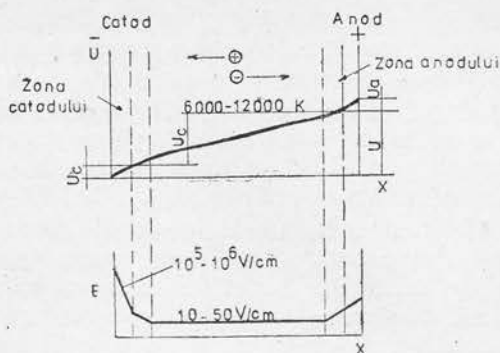


Fig. 16.4. Variația tensiunii și gradientului electric, în zona catodului unei instalații de descărcare în arc.

Caracteristica principală a descărcării în gaze este proprietatea spațiului de gaz, în general izolat, de a deveni conductor electric. Conductivitatea gazului este determinată de densitatea purtătorilor de sarcină liberi și de viteza lor de deplasare spre cei doi electrozi și variază cu densitatea, temperatura, natura mediului și intensitatea câmpului electric.

Dependenta dintre tensiune și curent pentru diferite descărcări în gaze este arătată în figura 16.3. Pe această curbă, arcul electric ocupă locul din extrema dreaptă, caracterizat printr-o mică cădere de tensiune catodică (10—20 V) și o densitate mare de curent ($10 \dots 10^5$ A/cm²).

Din reprezentarea căderii de tensiune U și a gradientului în arc E (fig. 16.4) se vede că lângă catod are loc o variație bruscă a tensiunii denumită *cădere de tensiune catodică* și un gradient mare al tensiunii. În lungul coloanei arcului tensiunea crește uniform având în această porțiune un gradient al tensiunii constant. Lângă anod are loc, de asemenea, o variație bruscă de tensiune, denumită *cădere de tensiune anodică*.

Căderea de tensiune catodică U_c , pentru același mediu și același material al electrozilor este o mărime aproape constantă și este cuprinsă între 10—20 V. Căderea de tensiune U_a este în general variabilă și depinde în primul rînd de curent (de obicei, ea este mai mică decît cea catodică, iar în cazul curenților mari se apropie de zero). Căderile de tensiune de lângă electrozi sînt concentrate pe porțiuni foarte mici din lungimea arcului (10^{-4} cm).

Arcul electric care este un flux de particule încărcate cu sarcini electrice, se formează, se dezvoltă și se menține datorită proceselor de ionizare și anume: ionizare prin ciocnire, ionizare prin emisie autoelectronică sau termoelectronică și ionizare termică.

Procesul de ionizare în coloana arcului se datorește în cea mai mare parte temperaturii înalte a gazului, ionizarea termică fiind, în acest caz, fundamentală și practic singura care contribuie la dezvoltarea și menținerea arcului electric.

Coloana arcului are cantități egale de sarcini libere, stare a materiei care se numește *plasmă* și care se caracterizează printr-un grad înalt de ionizare a gazului. Această plasmă avînd, ca și metalul, o cantitate egală de sarcini libere, are aproape aceeași conductivitate electrică mare ca și metalul. La deschiderea contactelor, plasma închide automat circuitul

electric care trebuie deschis. Deschiderea circuitului este posibilă, din această cauză, numai prin stingerea arcului.

Partea centrală a arcului are o temperatură foarte înaltă de 5000—10000°C și în unele cazuri ajunge la 50000°C. Această temperatură depinde de intensitatea curentului, de natura mediului ambiant și de presiunea acestuia. La trecerea curentului prin zero (în cazul curentului alternativ) temperatura scade pînă la 1000—2000°C.

La temperaturile foarte înalte din coloana arcului, atomii și moleculele gazului capătă viteze mari, respectiv energii cinetice mari. La ciocnire apar particule încărcate cu electricitate de semn contrar, electroni și ioni. Ionizarea termică a gazelor are loc la temperaturi de la 8000°C, iar a vaporilor de metal la 4000°C. În arc electric care se formează la întreruperea unui circuit există întotdeauna vapori metalici, deci pentru ca să se producă ionizarea este nevoie ca temperatura să aibă valoarea de peste 4000 ... 5000°C, ceea ce și are loc în arc electric.

16.5. CONTACTE ELECTRICE

Contactul electric reprezintă ansamblul constructiv cu ajutorul căruia se realizează o legătură electrică între două sau mai multe părți conductoare pentru a permite trecerea curentului electric de la unele la altele.

Contactele electrice constituie părțile cele mai solicitate ale căilor de curent ale echipamentelor electrice. În exploatare, contactele sînt supuse efectelor termice ale curenților, uzurii datorită ciocnirilor și frecărilor, precum și acțiunii arcului electric care însoțește operațiile de anclanșare și declanșare a circuitelor electrice. Din aceste motive, o realizare sau o întreținere necorespunzătoare a contactelor electrice poate să conducă la distrugerea aparatului respectiv și, eventual, la avarii importante în sistemul electroenergetic.

Condițiile care se impun contactelor electrice sînt următoarele:

- siguranța legăturii de contact;
- rezistența mecanică suficientă;
- stabilitate termică și electrodinamică la trecerea curenților de regim normal de funcționare sau de scurtcircuit;
- rezistență la acțiunea arcului electric;
- realizarea contactului fără lipire sau sudare datorită încălzirii locale mari și topirii metalului contactului, datorită temperaturii mari a arcului electric;
- rezistență la acțiunea factorilor externi etc.

16.5.1. CLASIFICAREA CONTACTELOR ELECTRICE

Contactele electrice pot fi:

- *staționare* (la care nu se deplasează o suprafață de contact față de cealaltă);
- *mobile* (în funcționare se deplasează o suprafață de contact în raport cu cealaltă).

Contactele mobile mai pot fi:

- de întrerupere (de deschidere și închidere a circuitelor);

— alunecătoare (la care trebuie asigurată deplasarea unei suprafețe de contact pe cealaltă, fără a se întrerupe contactul electric).

Din punctul de vedere al formei geometrice a suprafeței de contact sînt contacte:

— *punctiforme* (la care atingerea are loc într-un singur punct);

— *liniare* (la care atingerea are loc pe o linie sau practic pe o suprafață foarte îngustă);

— *plane* (la care atingerea se face pe o suprafață).

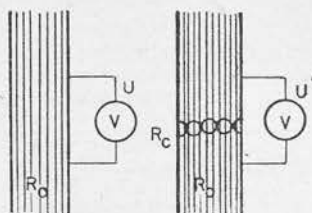


Fig. 16.5. Reprezentarea grafică a rezistenței unui conductor, conform relației (16.1).

16.5.2. REZISTENȚA DE CONTACT

Într-un circuit electric, prezența unui contact electric conduce, întotdeauna, la apariția unei rezistențe suplimentare în acest circuit.

Într-o secțiune plană, transversală a unui conductor, apare, pentru același curent I , o rezistență suplimentară R_c și deci se măsoară o tensiune $U' > U$ (fig. 16.5).

$$R_o + R_c = \frac{U'}{I} \text{ unde } R_o = \frac{U}{I}. \quad (16.1)$$

Rezistența suplimentară R_c , adică rezistența de contact, se compune din rezistența de stricțiune (de trecere), care se datorește strangulării liniilor de curent în locurile de atingere ale conductoarelor și din rezistența peliculară, care se datorește existenței unor pelicule semiconductoare pe suprafețele de contact.

Rezistența de stricțiune R_s depinde de rezistivitatea ρ a metalului pieselor de contact respective și se poate determina cu relația verificată experimental:

$$R = \frac{K}{F^m}, \quad (16.2)$$

în care:

F este forța totală de apăsare a contactelor;

K — un coeficient care depinde de natura metalului contactelor, de felul prelucrării și de starea suprafețelor de contact (tabelul 16.3);

m — un coeficient care depinde de forma contactelor și de numărul de puncte de atingere (tabelul 16.4).

Piese de contact vor fi acoperite prin diverse procedee (galvanice, electromecanice) cu argint, cositor etc.

La aceeași suprafață aparentă de contact, cu cît forța de apăsare va fi mai mare, cu atît va fi mai mică rezistența de stricțiune.

În domeniul temperaturilor de contact mici (pînă la 200°C), rezistența de stricțiune crește liniar cu temperatura (fig. 16.6). După aceea, urmează o scădere a rezistenței de stricțiune, care se explică prin micșorarea rezistenței mecanice a materialului la temperaturi mai mari de 200°C . Ca urmare, are loc o mărire a suprafeței reale de contact. Urmează o nouă creștere a valorii rezistenței de stricțiune pînă în momentul înmuierii și topirii materialului contactului, cînd rezistența de stricțiune scade brusc.

Tabelul 16.3

Valori ale coeficientului K , dependent de natura metalului contactelor aparatelor, pentru calculul forței de stricțiune R_s

Materialul contactelor	K
Cupru-cupru	$(0,08 \dots 0,14) \cdot 10^{-2}$
Argint-argint	$0,06 \cdot 10^{-2}$
Aluminiu-aluminiu	$0,127 \cdot 10^{-2}$
Aluminiu-cupru	$0,380 \cdot 10^{-2}$
Alamă-alamă	$0,670 \cdot 10^{-2}$
Oțel-cupru	$3,100 \cdot 10^{-2}$
Oțel-aluminiu	$4,400 \cdot 10^{-2}$

Tabelul 16.4

Valori ale coeficientului m , dependent de forma contactelor și de starea suprafeței acestora

Tipul și forma contactelor	m
Plan-plan sau lamelar	1
Tulipă	0,75
Deget adaptabil	$0,5 - 0,65$
Sferă-sferă	0,5
Sferă-plan	0,5

În exploatare, pe suprafețele de contact se formează pelicule de oxizi, sulfizi etc., care se străpung periodic, astfel încât rezistența de contact variază în timp. În figura 16.7 cu 1, 2, 3, și 4 s-au notat perioadele de formare a peliculei de oxid iar cu t_i momentele în care pelicula se distruge prin străpungere.

Oxidarea materialelor contactelor se realizează chiar la temperatura mediului ambiant ($20 \dots 35^\circ\text{C}$), însă se face cu atât mai rapid cu cât temperatura de regim este mai mare. Oxidarea contactelor în aer liber este mult mai rapidă decât oxidarea contactelor cufundate în ulei. De asemenea, încălzirea și răcirea alternativă precum și prezența în atmosferă a bioxidului de sulf, hidrogenului sulfurat, amoniacului, clorului și a vaporilor de acizi favorizează procesul de oxidare-corodare.

Îmbinările de contact realizate din două metale diferite sînt supuse unei coroziuni mai accentuate decât acelea din același metal, deoarece intervin cupluri electrochimice cu o anumită diferență de potențial.

Protecția pieselor de contact împotriva coroziunii se realizează prin acoperiri anticorozive, metalice în băi de galvanizare, în băi de metal topit, prin pulverizare în stare topită etc. Cuprul, alama și bronzul se acoperă, de regulă, cu un strat de cositor, argint sau nichel și crom. Cositorirea contactelor prezintă dezavantajul că, în caz de scurtcircuit,

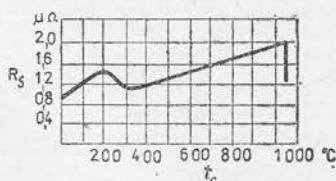


Fig. 16.6. Variația rezistenței de stricțiune (R_s) cu temperatura în zona de contact (t_c).

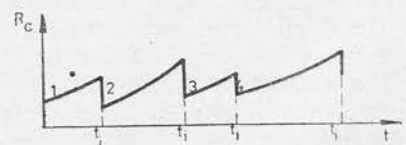


Fig. 16.7. Variația rezistenței de contact (R_c) cu timpul (t), în cazul oxidării contactelor.

cositorul se poate topi și poate să stropească piesele alăturate. Protecția împotriva coroziunii se realizează și prin acoperiri cu vaselină, lacuri etc., acoperiri care împiedică accesul aerului și al umezelii la locul de contact.

Valoarea rezistenței de contact depinde și de gradul prelucrării suprafeței de contact.

16.5.3. SOLICITĂRILE TERMICE ȘI ELECTRODINAMICE ALE LEGĂTURILOR DE CONTACT

La trecerea curentului prin contact, cea mai mare parte din căldura dezvoltată este concentrată într-un volum foarte mic din jurul suprafețelor elementare reale de contact. În caz de scurtcircuit are loc o creștere rapidă a temperaturii, ceea ce poate conduce la o micșorare a rezistenței la strivire și a limitei de elasticitate a materialelor contactelor. Îmbinările de contact trebuie să fie deci astfel dimensionate, încât să nu se depășească temperaturile maxime admisibile în caz de scurtcircuit:

200 ... 300°C — pentru cupru, alamă și bronz;

150 ... 200°C — pentru aluminiu.

În poziția închisă, pericolul pentru contact la scurtcircuit îl reprezintă sudarea suprafețelor de contact. Energia termică produsă în contact, poate fi așa de mare în cazul curenților de scurtcircuit, încât să topească suprafețele și apoi să le sudeze. Intensitatea curentului I_{sud} sub care are loc topirea și sudarea contactelor este direct proporțională cu rădăcina pătrată din forța de apăsare a contactelor:

$$I_{sud} \approx \sqrt{\frac{F}{K_t}} \cdot [A], \quad (16.3)$$

unde F este forța de apăsare a contactelor, în N;

K_t — un coeficient care depinde de materialele contactului și anume de rezistivitate, de duritate, de temperatura de topire etc. ($K_t = 6 \cdot 10^{-8} \dots 3,9 \cdot 10^{-8}$).

La închiderea contactului pe un scurtcircuit, în momentul inițial presiunea este mică. Datorită acestui fapt, căldura dezvoltată în contact poate să fie așa de mare, încât contactele să se topească în punctele de atingere, provocând sudarea lor, care de obicei are loc la sfârșitul închiderii, în timpul răcirii. În acest caz, cu cât viteza de deplasare a părților mobile și presiunea de contact vor fi mai mari, cu atât condițiile de sudură vor fi mai proaste. La deschiderea contactelor sub sarcină apare întotdeauna un arc electric. În cazul întreruperii curenților intensi de scurtcircuit, arcul electric poate topi materialul contactelor, provocând uzura suprafețelor de contact.

16.5.4. MATERIALE FOLOSITE LA EXECUȚIA CONTACTELOR

Materialele utilizate la contacte influențează mult durata de serviciu și siguranța funcționării aparatelor electrice. Condițiile fundamentale pe care trebuie să le îndeplinească materialele pentru contacte sînt:

- duritate și rezistență mecanică mare;
- conductivitate termică și electrică mare;
- rezistență la coroziune, iar stratul de oxizi — bun conductor de electricitate;

- temperaturi de topire și de vaporizare înalte;
- prelucrabilitate mecanică ușoară;
- să nu fie scumpe etc.

Astăzi nu există un metal care să satisfacă simultan toate aceste condiții.

Dintre materialele folosite pentru contacte enumerăm:

- cuprul;
- cuprul cu adaos 2—8% Ag;
- cupru cu adaos 2—8% Ag + 1,5% Cd;
- aluminiul;
- oțelul;
- argintul (sub formă de acoperiri galvanice) sau cu adaos 37% Cd;
- wolframul ($t_{top}=3410^{\circ}\text{C}$);
- materiale metaloceramice: argint-wolfram, cupru-wolfram și cupru-molibden, cupru-carbid de wolfram. De obicei, pe suprafețele contactelor se aplică aceste materiale metaloceramice sub forma unor plăcuțe, prin lipire sau sudare.

Întreținerea contactelor electrice se face cu ocazia reviziei aparatului sau în cazurile în care se constată vibrații, încălziri excesive, sudare etc.

Piese de contact se curăță periodic de oxizi și se îndepărtează punctele de metal topit cu o pilă fină și apoi se ung cu vaselină neutră (pentru protecție). Nu se recomandă recondiționarea improvizată a resorturilor de contact slăbite, prin alungirea sau scurtarea lor, ci executarea unor resorturi noi.

16.6. STINGEREA ARCULUI ELECTRIC

La întreruperea circuitului cu ajutorul contactelor electrice se pune ca problemă soluționarea stingerii arcului la locul de contact.

Cantitatea de energie care se dezvoltă în procesul de stingere a arcului este determinată în cea mai mare parte de curentul întrerupt i , de tensiunea circuitului E și a arcului u_a , de rezistența arcului r_a , de timpul de ardere a arcului t_a și de constantele dispozitivelor de stingere.

Puterea disipată în arc este:

$$P_a = u_a \cdot i = r_a \cdot i^2. \quad (16.4)$$

Pentru a se determina *energia arcului*, se folosește ecuația unui circuit cu R și L :

$$E = u_a + iR + L \cdot \frac{di}{dt} \quad (16.5)$$

Dacă se înmulțesc ambele părți ale acestei ecuații cu idt și se integrează de la 0 pînă la t și, respectiv, de la i la 0, se obține expresia:

$$\int_0^t E \cdot idt = \int_0^t u_a idt + \int_0^t i^2 R dt - L \int_i^0 idi. \quad (16.6)$$

Energia arcului: $Aa = \int_0^t u_a \cdot idt$ este:

$$Aa = \frac{L \cdot i^2}{2} + \int_0^t (E - iR) idt \quad (16.7)$$

După cum se observă, în arc se consumă întreaga energie electromagnetică acumulată în circuit în momentul inițial al întreruperii $\left(\frac{Li^2}{2}\right)$ și energia pe care o dă sursa de alimentare, scăzându-se pierderile ohmice din circuit (i^2R).

Cu cât inductanța circuitului este mai mare, cu atât energia acumulată este mai mare și cu atât arcul de curent continuu se stinge mai greu.

Energia arcului de curent alternativ se determină considerându-se că stingerea arcului are loc la trecerea naturală a curentului prin zero, atunci când energia electromagnetică acumulată în circuit lipsește aproape complet:

$$Aa = \int_0^t u_a \cdot i \cdot dt = \int_0^t (E - iR) i dt = \int_0^t p_a \cdot dt \quad (16.8)$$

Pentru stingerea arcului este necesar să se micșoreze energia arcului, lucru ce se poate obține prin acțiunea activă a unui mediu oarecare de stingere, care să conducă la un proces de deionizare a spațiului de arc într-un timp cât mai scurt.

Mărirea vitezei de deionizare a spațiului de arc poate fi realizată pe diverse căi:

- mărirea lungimii arcului;
- mișcarea intensă a arcului, în aerul care-l înconjoară, prin suflajul magnetic;
- mișcarea intensă a unui curent de gaze sau ulei dealungul sau de-a curmezișul arcului;
- aducerea arcului într-un contact intim cu un dielectric, prin efectul camerelor înguste;
- suflaj forțat de aer comprimat sau ulei sub presiune asupra arcului, suflaj produs de surse exterioare de energie;
- crearea de vid în domeniul de ardere a arcului;
- divizarea arcului într-o serie de arce scurte.

16.6.1. MEDII DE STINGERE A ARCULUI

Mediile de stingere care vin în contact cu arcul electric pot fi: solide, lichide, sau gazoase.

Medii solide. Se folosesc medii solide granuloase, ca *nisipul de cuarț*. Prin granulare se mărește suprafața de cedare de căldură a arcului, iar granulele constituie centre de răcire în coloana arcului.

Medii solide din *ceramică electrotehnică* sau *ceramică cu oxid de zircon* sînt de asemenea folosite la răcirea arcului electric în camera cu fante.

Tot ca medii solide sînt folosite și mediile gazogene ca *aminoplastul*, *fibra*, *pollopasul*, care se descompun în gaze sub acțiunea arcului electric, iar aceste gaze creează o presiune locală asupra coloanei arcului electric, conducînd la stingerea lui.

Medii lichide. În unele aparate se folosesc ca medii de stingere uleiul mineral sau apa.

Uleiul este un mediu de stingere a cărui utilizare decurge din proprietatea de a produce gaze de descompunere cu conținut mare de hidrogen

sub acțiunea temperaturii înalte a arcului ($4000 \dots 8000^\circ\text{C}$). În momentul trecerii naturale prin zero a arcului (sau în jurul acestui moment) spațiul de arc se deionizează. În acest moment se produce un amestec intens între moleculele ionizate și cele neionizate ale gazului, o scădere rapidă a temperaturii arcului (efectul hidrogenului) și, în cele din urmă stingerea arcului.

Apa ca mijloc de stingere se folosește mai ales în combinație cu glicolul sub formă de expansivă, la întreruptoarele cu expansiune, în care sub acțiunea arcului electric se produce hidrogen în proporție mare, care conduce la stingerea arcului, datorită evaporării de lichid și creșterii presiunii în zona arcului.

Medii gazoase. *Aerul*, cu conținutul său preponderent de azot care are conductivitate termică redusă, are acțiune de stingere mai slabă și se utilizează la întreruperea curenților mai mici.

Cu toată conductivitatea termică redusă aerul comprimat este folosit la stingerea arcului din motive economice.

Prin comprimarea aerului se îmbunătățesc condițiile de transmitere a căldurii (deci de răcire) a arcului electric.

Hidrogenul este deosebit de favorabil din cauza conductivității lui termice sporite, dar din motive economice nu are utilizare directă. Practic, hidrogenul apare ca produs al descompunerii mediilor lichide și solide.

Hexaflorura de sulf SF_6 are proprietăți izolante și termice deosebite, ceea ce permite utilizarea ei la stingerea arcului cu bune rezultate.

16.6.2. METODE ȘI DISPOZITIVE DE STINGERE A ARCULUI

Lungirea arcului. Se realizează prin mișcarea axială a electrozilor (fig. 16.8) și reprezintă cea mai simplă metodă pentru stingerea arcului electric. Această metodă este aplicată în aparatele de joasă tensiune când se întrerup curenții relativ mici. În acest caz, energia pe care o debitează sursa în arc se disipă, în cea mai mare parte, prin conductibilitate termică și prin convecție prin suprafața laterală a coloanei de arc.

Curentul care trece prin arc produce în jurul său un câmp magnetic. Acțiunea reciprocă dintre câmpul magnetic și curentul arcului produce forțe electrodinamice, care tind să deplaseze arc în aer. La curenți mari în arc, câmpul magnetic atinge valori considerabile și forțele electrodinamice obligă arc să se miște în aer, cu o viteză mare, producând astfel stingerea rapidă a acestuia (fig. 16.9).



Fig. 16.8. Stingerea arcului prin îndepărtarea axială a electrozilor:

1, 2 — electrozi de contact; I — intensitatea curentului electric; l — deschiderea arcului; v — direcția de deplasare a electrozilor.



Fig. 16.9. Variația formei arcului între doi electrozi separați:

1, 2 — electrozi de contact; I — intensitatea curentului electric; v — viteza de deplasare a electrozilor.

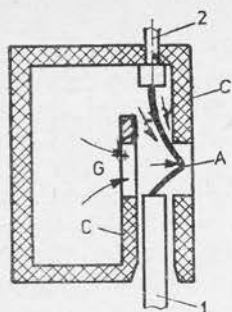


Fig. 16.10. Schema suflajului transversal cu gaze:

1, 2 — electrozi, A — arc electric; G — injecție de gaze; C — carcasă.

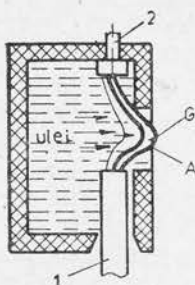


Fig. 16.11. Schema suflajului transversal cu ulei:

1, 2 — electrozi; A — arc; G — gaze.

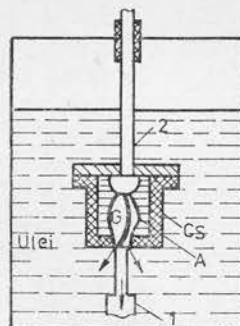


Fig. 16.12. Dispozitiv de stingere a arcului cu camere de stingere:

1, 2 — electrozi; G — gaze; A — arc; CS — cameră de stingere.

Dispozitive de stingere a arcului de autosuflaj. În aceste dispozitive, suflajul este realizat prin gazele formate prin contactul intim al arcului cu substanțe solide generatoare de gaze (fibră, sticlă organică etc.) sau lichide (ulei, expansină etc.). Datorită temperaturii înalte a arcului aceste substanțe produc gaze, în cea mai mare parte hidrogen (75—80%). Arderea mai departe a arcului are loc în atmosfera formată de hidrogenul produs, care asigură o răcire intensă a coloanei de arc. Prin creșterea presiunii, cum și prin suflajul energic în regiunea arcului, de către gazele generate, se asigură stingerea arcului.

Deplasarea gazelor față de coloana de arc poate fi: transversală, longitudinală sau comună a suflajelor longitudinal și transversal (fig. 16.10).

Prin acțiunea cîmpului magnetic (propriu sau exterior) asupra arcului care se găsește în apropierea substanței generatoare de gaz se produce o mișcare a acesteia, analoagă unui curent de gaze dispus transversal sau longitudinal față de coloana de arc (fig. 16.11).

Suflajul cu ulei (longitudinal sau transversal) este un mijloc eficace de stingere a arcului și se realizează prin răcirea intensă a arcului atunci cînd uleiul se apropie de învelișul gazos care se micșorează o dată cu trecerea curentului prin zero.

Dispozitive de stingere a arcului cu camere de stingere și cu grătare deion. Dispozitivul are camere de stingere CS din material izolant, care se găsesc într-o cuvă metalică umplută cu ulei. La deschiderea contactelor apare arc A, care produce în interiorul camerei bula de gaz G de presiune mare. Cînd contactul mobil 1 părăsește camera, gazele și uleiul tind să iasă prin orificiul de evacuare cu o viteză foarte mare. Cu această ocazie, gazul și uleiul vin în contact strîns cu arc A, se produce o turbulență și o amestecare intensă a gazelor mai calde cu cele mai reci, contribuind la deionizarea rapidă a arcului, fenomen de la care dispozitivul și-a luat numele de *deion* (deionizare în camera cu pereții inițial reci).

S-au construit camere de stingere mai perfecționate — față de camera simplă — la care să existe un suflaj longitudinal și transversal mai puternic decît cel ce se datora numai gazelor produse de arc.

Dispozitivul de stingere a arcului *cu grătar de ion* cuprinde o serie de pachete, fiecare pachet fiind alcătuit din câteva plăci izolante și o placă de oțel, toate având forma de potcoavă (fig. 6.13). Prin împachetarea plăcilor, datorită formelor diferite ale tăieturilor se obține o deschidere îngustă în interiorul pachetului, care se lărgeste spre exterior. În momentul deschiderii contactelor apare un arc, iar cîmpul său magnetic se închide prin plăcile de oțel și prin spațiile de aer din interiorul (fanta) camerei. Liniile de forță magnetică tinzînd să se scurteze atrag arcul în interiorul camerei. Uleiul care se află în interiorul camerei se opune mișcării arcului, iar gazele și vaporii care se produc sub acțiunea temperaturii înalte resping arcul. În acest caz, gazele pătrunzînd în arc, îl despică în mai multe fibre, producînd prin aceasta răcirea și stingerea arcului.

Dispozitive de stingere a arcului care folosesc suflajul magnetic și principiul stingerii arcului în camere înguste. Arcul electric care apare între contacte se deplasează sub acțiunea unui cîmp magnetic produs de o bobină electromagnetă alimentată de curentul de întrerupt. Sub acțiunea suflajului magnetic transversal, arcul se întinde (lungeste) foarte repede, iar datorită lungirii arcului și răcirii intense a acestuia, prin mișcarea lui rapidă în aerul imobil, rezistența arcului crește brusc și se produce deionizarea rapidă a spațiului de arc și deci stingerea arcului (fig. 16.14).

Dacă arcul vine în contact intim cu dielectricul (aerul) nemișcat dintr-o cameră a cărei lățime este egală sau mai mică decît diametrul arcului, dispozitivul de stingere poartă numele de *dispozitiv cu cameră îngustă*. Arcul se mișcă sub acțiunea cîmpului magnetic, iar stingerea lui este provocată de răcirea intensă a coloanei de arc datorită „contravîntului”; acest vînt ia naștere datorită mișcării rapide a arcului în aerul nemișcat (fig. 16.15).

Dispozitive de stingere a arcului care folosesc o sursă exterioară de energie. În dispozitivele de stingere cu sursă exterioară de energie, arcul se stinge fie prin suflaj cu aer comprimat sau ulei comprimat în regiunea arcului, fie în vid. Suflajul și vidul sînt produse de instalații a căror funcționare nu depinde de curentul de întrerupt.

Procesul de stingere a arcului cu ajutorul *aerului comprimat* este realizat prin dirijarea jetului de aer perpendicular sau paralel cu axa arcului. Jetul de aer, dirijat de-a curmezișul contactelor, taie arcul. Dato-

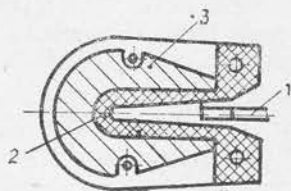


Fig. 16.13. Plăci pachet-grătar de ion:

1 — bară de oțel; 2 — plăci din material izolan; 3 — placă de oțel.

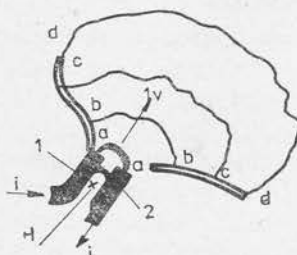


Fig. 16.14. Stingerea arcului cu ajutorul cîmpului magnetic:

a, b, c, d — zone termice ale arcului; 1, 2 — electrozi; H — cîmp magnetic; I — curent electric.

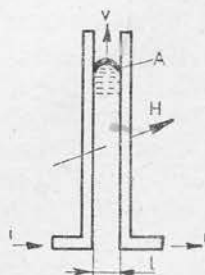


Fig. 16.15. Stingerea arcului în cameră îngustă:

H — cîmp magnetic; A — arc; l — deschiderea arcului; i — curent electric.

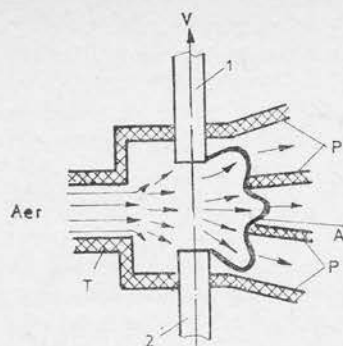


Fig. 16.16. Dispozitiv de stingere a arcului cu aer comprimat prin suflaj transversal: 1, 2 — electrozi; T — cameră de stingere; P — plăci despărțitoare; A — arc.

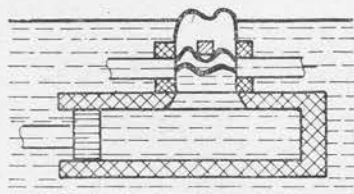


Fig. 16.17. Schema de principiu a unui dispozitiv de stingere a arcului, prin suflaj forțat cu ulei.

rită fluxului de aer, coloana de arc este lipită parțial de pereții transversali, iar o parte intră între golurile dintre plăcile transversale, curbându-se după o caracteristică în formă de zig-zag (fig. 16.16). Arcul se stinge la trecerea curentului prin zero, la prima sau a doua semi-perioadă.

În dispozitivele de stingere a arcului cu *sufraj forțat de ulei*, stingerea arcului se realizează printr-un jet de ulei comprimat introdus în zona de ardere a arcului cu ajutorul unei surse exterioare de energie (fig. 16.17). Uleiul este împins în regiunea de formare a arcului de un piston pus în mișcare de mecanismul aparatului de întrerupere, ale cărui contacte se mișcă simultan cu pistonul. Arcul este secționat, de ulei, în mai multe arcuri longitudinale mai mici care sînt răcite și stinse.

La întreruperea efectuată *in vid*, arc, de scurtă durată, poate exista numai în vaporii metalici proveniți din contactele care se separă. Deoarece vaporii metalici difuzează foarte repede în vid, rezultă că suportul material al arcului electric dispăre. Prin procesul de condensare a vaporilor pe pereții reci ai recipientului, în care se află contactele, vidul se menține în continuare.

16.7. RĂCIREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

În general, în afara mașinilor electrice, care de altfel prezintă cel mai înalt grad de încălzire, instalațiile electrice sînt răcite pe cale naturală. Căldura degajată de pierderile electrice este preluată de mediul ambiant prin radiație, convecție și conducție. Suprafețele aparatului prin care se disipează fluxul caloric sînt astfel dimensionate încît asigură o temperatură de regim normală.

La mașinile rotative răcirea poate să fie *naturală* sau *forțată*. Răcirea naturală este sistemul de răcire la care căldura se transmite mediului exterior prin conducție și convecție naturală. În general însă, datorită pierderilor mari raportate la unitatea de suprafață radiantă pe care le prezintă mașinile rotative, răcirea naturală este insuficientă. Din acest

motiv, ventilația naturală nu se folosește decât la mașinile electrice de puteri mici. La mașinile electrice de puteri medii și mari se utilizează pentru răcire ventilația forțată. Acest sistem de ventilație constă în suflarea unui curent de gaz (în general aer și hidrogen) peste suprafețele radiante ale mașinii în scopul de a se mări coeficientul de transmisie a căldurii.

În practică sînt utilizate mai multe sisteme de ventilație a mașinilor electrice:

- mașini cu *autoventilație interioară*, la care răcirea se face prin intermediul unui ventilator sau a unui sistem special (aripioare pe rotor, poli aparenti etc.), care fac corp comun cu partea rotativă a mașinii;

- mașini cu *autoventilație exterioară*, la care suprafața exterioară a mașinii se mărește prin crearea unor ondulații sau se așează un ventilator pe arborele mașinii;

- mașini cu *autoventilație mixtă*, la care sistemul de răcire reprezintă o combinație a sistemelor de mai sus;

- mașini cu *ventilație separată*, la care circulația fluidului de răcire este asigurată printr-un sistem complet independent de mașină. Un astfel de sistem de răcire este des utilizat în cazul tulboalternatoarelor de putere mică sau motoarelor sincrone și excitatoarelor.

În toate cazurile cînd răcirea mașinilor electrice se face cu aer în *circuit deschis*, în locul aerului cald aruncat în exterior, intră aerul rece care atinge suprafața bobinajului statorului (capetele de bobine), bobinajul rotorului, miezul magnetic al mașinii etc. și preia căldura acestora. În funcție de locul de amplasare al mașinii în ceea ce privește puritatea aerului aspirat, canalele de ventilație și suprafețele de răcit se pot murdări destul de repede, mai ales în cazul motoarelor necapsulate. De aceea sînt necesare curățiri frecvente și laborioase pentru a se menține o răcire suficientă, în special la mașinile de mare putere.

Datorită acestui fapt, la mașinile mari răcirea se face printr-un sistem de ventilație în *circuit închis*. În acest sistem, aerul împins de ventilator parcurge mașina răcindu-o, apoi prin conducte este trimis într-un răcitor, de unde se întoarce în mașină în stare rece.

La generatoare răcitorul este montat sub generatoare, într-o cameră închisă și este format din tuburi cu aripioare în interiorul cărora trece apa de răcire (fig. 16.18). Prin acest procedeu s-a ajuns a se menține aproape total starea de curățenie a generatorului.

Sistemul de ventilație în circuit închis folosește fie aer fie hidrogen. Hidrogenul are avantajul că este mult mai ușor decât aerul (de 14,5 ori), ceea ce face ca pierderile mecanice prin ventilație cu hidrogen să se reducă comparativ cu aerul de circa 8 ori. Hidrogenul are o conductivitate calorică de circa 6,7 ori mai mare decât cea a aerului, ceea ce înseamnă că părțile calde ale generatorului cedează mai repede căldura lor hidrogenului decât aerului; de asemenea, și în răcitor hidrogenul transmite mai repede căldura sa tuburilor răcitorului. Schimbarea de căldură se face cu atît mai ușor, cu cît presiunea hidrogenului este mai ridicată, însă pierderile de hidrogen în circuit cresc cu presiunea. Hidrogenul din butelii cu presiunea de 150 daN/cm² este destins înainte de-a intra în generator la o presiune de 2 daN/cm². Totodată, hidrogenul mai are și avantajul că nu întreține arderea.

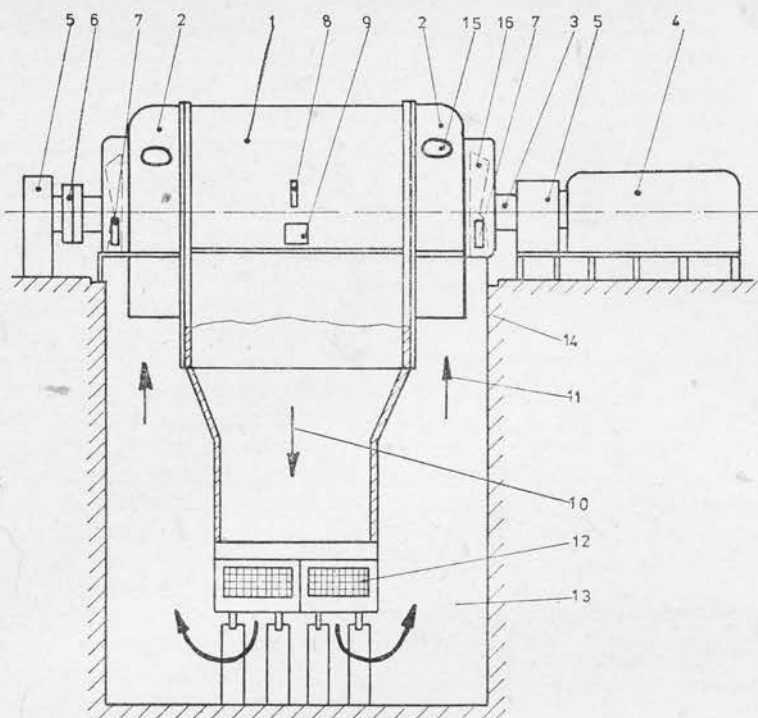


Fig. 16.18. Schema de răcire a unui generator electric:

1 — statorul generatorului; 2 — scuturi; 3 — axul rotorului; 4 — excita-toria generatorului; 5 — lagăre; 6 — cuplă; 7 — termometru cu mercur pentru măsurarea temperaturii aerului rece la intrare în ge-nerator; 8 — termometru cu mercur pentru măsurarea temperaturii aerului cald la ieșirea din generator; 9 — placa de borne a termome-trelor pentru măsurarea temperaturii pieselor statorice; 10 — ieșirea aerului cald; 11 — intrarea aerului rece; 12 — răcitorul cu apă-aer; 13 — celula răcitorului cu aer; 14 — fundația generatorului; 15 — ca-pac-vizor; 16 — ventilator.

La aceeași viteză de curent de gaz, în cazul hidrogenului, puterea mașinii răcite crește cu circa 25% față de răcirea cu aer. Folosirea hidro-genului în instalațiile de răcire conduce la investiții mai mari, care devin rentabile pentru mașini cu puteri peste 50 MVA.

Pe de altă parte, hidrogenul formează cu aerul un amestec exploziv, cînd conține 50—70% hidrogen. Trebuie deci ca generatoarele să fie apte pentru a evita toate intrările de aer în circuitul hidrogenului. Hidrogenul trebuie să fie menținut sub presiune în tot circuitul său. Aceasta necesită o etanșare perfectă a întregului circuit și în special la ieșirea arborelui și a capacelor așezate de o parte și de alta a statorului. Arbo-rele rotorului traversează mantaua generatorului la fiecare dintre extre-mitățile sale. Este indispensabil ca hidrogenul să nu scape prin jocul dintre arbore și manta. La fiecare trecere, etanșeitatea este obținută cu ajutorul a două inele (fig. 16.19), al căror alezaj este foarte ușor superior diametrului arborelui. Aceste inele primesc uleiul sub presiune la peri-feria lor; uleiul pătrunde între cele două inele și se împarte apoi în două părți pentru a trece de o parte între inelul interior și arbore și de altă parte între inelul exterior și arbore. La ieșirea din inel, garniturile îm-piedică uleiul să pătrundă fie în generator, fie spre exteriorul mantalei.

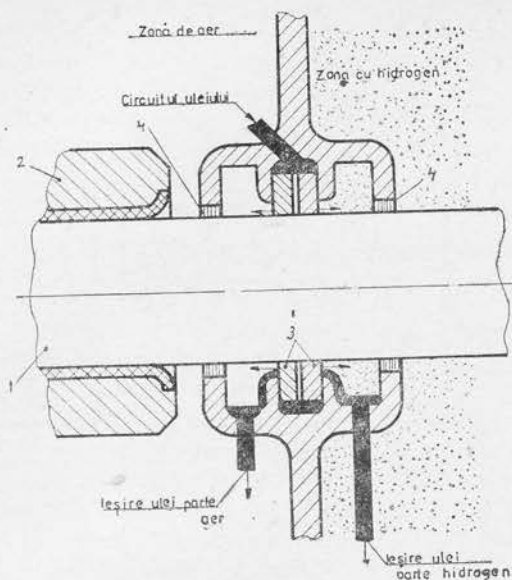


Fig. 16.19. Sistem de montaj al inelelor de etanșare a instalației de răcire aferentă unui generator electric:

1 — arborele generatorului; 2 — cuzinet; 3 — inele; 4 — obturatoare.

carbonic (CO_2). Gazul carbonic are o densitate superioară hidrogenului și aerului.

Umplerea cu hidrogen se face în două etape:

— *înlocuirea aerului prin gazul carbonic*, care se va introduce pe la baza mantalei generatorului (fig. 16.20).

— *înlocuirea gazului carbonic cu hidrogen*. Hidrogenul se va introduce pe la partea superioară a mantalei generatorului, iar gazul carbonic va fi evacuat pe la bază (fig. 16.21).

La înlocuirea hidrogenului în mantaua unui generator prin aer se va introduce mai întâi gaz carbonic la baza mantalei, pentru a se refuza hidrogenul, iar apoi se va elimina gazul carbonic cu aer.

Răcirea mașinilor electrice trebuie să fie astfel făcută, încât solicitarea termică să aibă o acțiune cât mai redusă în procesul de „îmbătrânire” a izolației. Solicitarea termică limitează sarcina cu care poate fi încărcată

La ieșirea din inelul exterior, uleiul este în contact cu aerul. Uleiul întrebuințat în circuitul de ulei al inelelor de etanșare este același cu uleiul de ungere al turbogrupului și are întotdeauna presiunea superioară presiunii hidrogenului din generator.

În cazul folosirii hidrogenului ca agent de răcire, se pune problema evitării amestecului exploziv ce s-ar putea produce la introducerea sau scoaterea hidrogenului în mantaua generatorului. Nici un moment hidrogenul nu trebuie să se găsească în prezența aerului, pentru a se evita orice risc de formare a amestecului exploziv. Este deci obligatoriu a se face apel la un gaz inert, care va servi drept intermediar pentru trecerea de la aer la hidrogen și invers. Gazul inert întrebuințat este gaz

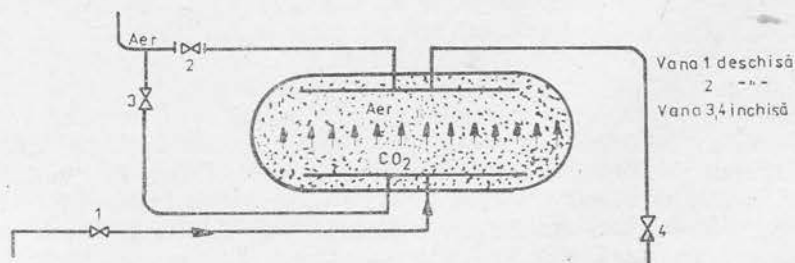


Fig. 16.20. Sistem de umplere cu gaz carbonic (CO_2) a instalației de răcire a unui generator electric:

1, 2, 3, 4 — vane de deschidere și închidere.

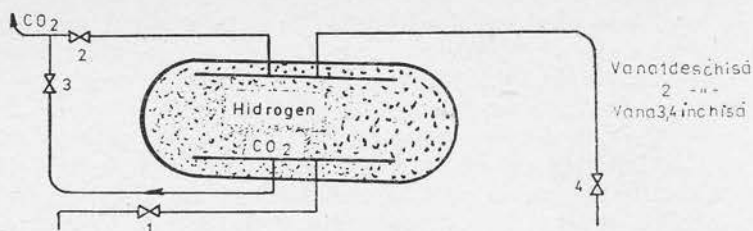


Fig. 16.21. Sistem de înlocuire a gazului carbonic cu hidrogen a instalației de răcire a unui generator electric:

1, 2, 3, 4 — vane de deschidere și închidere.

o mașină electrică în condițiile de exploatare date, caracterizate în primul rând de felul serviciului și de condițiile de răcire. Condițiile de răcire sînt determinate de intensitatea ventilației și de temperatura mediului de răcire τ_a . Valoarea nominală standard a temperaturii mediului de răcire este $\tau_{aN}=+40^\circ\text{C}$, în cazul unui fluid de răcire gazos (aer, hidrogen) și $\tau_{aN}=+25^\circ\text{C}$ în cazul unui fluid de răcire lichid (apă).

Mărimea proporțională cu pierderile sub formă de căldură în mașinile electrice nu este temperatura τ , ci supratemperatura $\Theta=\tau-\tau_a$. (16.10)

Supratemperatura nominală Θ_N a mașinilor electrice se stabilește în funcție de temperatura maximă admisă pentru clasa de izolație a mașinii. În tabelul 16.5 se dau supratemperaturile admisibile Θ_{ad} pentru mașinile răcite cu aer în funcție de temperaturile maxime admisibile Θ_{ad} pentru cele șapte clase de izolație.

Tabelul 16.5

Supratemperaturile admisibile (Θ_{ad}) și temperaturile maxime admisibile τ_{ad} pentru cele șapte clase de izolație ale materialelor electroizolante

Clasa de izolație	Y	A	E	B	F	H	C
$\tau_{ad} \text{ } ^\circ\text{C}$	90	105	120	130	155	180	>180
$\Theta_{ad} \text{ } ^\circ\text{C}$	Nu se fabrică mașini electrice cu clasa de izolație, Y	60	75	80	100	125	Nu se impune o limitare

Răcirea transformatoarelor se realizează prin mai multe metode:

- răcire cu aer (la transformatoarele uscate);
- răcire naturală cu ulei;
- răcire cu ulei și insuflare cu aer;
- răcire cu circulație de ulei;
- răcire cu ulei și circulație de apă.

În toate cazurile sus enumerate se urmărește ca temperatura în straturile superioare de ulei să nu depășească maximum $+95^\circ\text{C}$.

16.8. UMEZIREA ȘI USCAREA IZOLAȚIEI

Acțiunea de umezire a izolației se poate manifesta atât în timpul exploatării instalațiilor electrice, cît și în starea de nefuncționare a acestora. Astfel, în perioada de după fabricație, în timpul depozitării, al trans-

portului, în perioada staționării utilajelor înainte și după montare, pînă la punerea în funcțiune, izolația este supusă acțiunii umezelii. Umiditatea afectează într-o măsură importantă calitățile izolației, conducînd la degradarea acesteia și deci la străpungeri și conturnări.

Pentru a fi adusă la o stare normală de funcționare, izolația mașinilor electrice este supusă la diferite metode de uscare (în cuptoare cu sau fără vid, cu rezistențe ori cu becuri cu serpentine de abur, în regim de transformator: cu rotorul blocat și tensiune de 380 V la motoarele de 6 kV etc.).

Umiditatea bobinajelor statorice și rotorice ale mașinilor electrice se apreciază în funcție de *coeficientul de absorbție*:

$$K_{60} = \frac{R_{60}}{R_{15}}, \quad (16.11)$$

unde R_{60} este rezistența de izolație măsurată cu megohmetrul după 60 s de la aplicarea tensiunii dată de megohmetru;

R_{15} — rezistența de izolație după 15 s de la aplicarea tensiunii dată de megohmetru.

Cu cît coeficientul de absorbție este mai mare, cu atît gradul de umiditate al izolației bobinajului respectiv al mașinii este mai mic. Pentru transformatoarele de putere, în aprecierea gradului de umiditate se folosesc următorii indici:

- rezistența de izolație R_{60} , măsurată cu megohmetrul;
- coeficientul de absorbție $\frac{R_{60}}{R_{15}}$, care se măsoară după descărcarea la pămînt a sarcinilor reziduale, timp de cel puțin 3 min;
- tangenta unghiului de pierderi dielectrice, $\operatorname{tg} \delta$;
- raportul $\frac{C_{70}}{C_{20}}$ dintre capacitatea dielectricului la 70°C și la frecvența de 50 Hz și capacitatea dielectricului la 20°C și la aceeași frecvență;
- raportul $\frac{C_2}{C_{50}}$ dintre capacitatea dielectricului măsurată la frecvența de 2 Hz și capacitatea dielectricului măsurată la frecvența de 50 Hz, măsurătorile fiind făcute la aceeași temperatură.

Măsurarea rezistenței de izolație R_{60} se face cu megohmetrul de 500 V pentru tensiuni nominale ale bobinajelor mai mici de 500 V inclusiv și cu megohmetrul de 2500 V pentru bobinajele cu tensiuni nominale mai mari de 500 V.

Tangenta unghiului de pierderi dielectrice se măsoară cu ajutorul punții de curent alternativ de înaltă tensiune de tip Schering. Se consideră că gradul de umiditate este cu atît mai mic, cu cît valoarea $\operatorname{tg} \delta$ este mai mică; de asemenea și pentru raportul $\frac{C_{70}}{C_{20}}$ și raportul $\frac{C_2}{C_{50}}$.

Ca valori orientative se pot lua:

$$\frac{R_{60}}{R_{15}} \geq 1,3; \quad \frac{C_{70}}{C_{20}} \leq 1,3; \quad \operatorname{tg} \delta \approx (2 \dots 4)\%; \quad \frac{C_2}{C_{50}} < 1,5. \quad (16.12)$$

Conform STAS 1893-78 valorile rezistențelor de izolație a înfășurărilor față de masa mașinii și între înfășurări, exprimate în MΩ, nu trebuie să fie sub valoarea care se obține cu formula:

$$R_{iz} = \frac{U_N}{1000 + \frac{P_N}{100}} \text{ [M}\Omega\text{]}, \quad (16.13)$$

în care:

U_N este tensiunea nominală a mașinii, în V;

P_N — puterea nominală a mașinii, în kW la mașinile de curent continuu și în kVA la mașinile de curent alternativ.

Aprecierea umidității izolației înfășurărilor pe baza coeficientului de absorbție:

$$K = \frac{R_{iz \cdot 60}}{R_{iz \cdot 15}} \quad (16.14)$$

se impune prin aceea că în cazul mașinilor de înaltă tensiune, din cauza izolației puternice, înfășurările au o capacitate mare între ele și față de masă, fapt pentru care, în timpul măsurării, indicațiile megohmetrului variază pînă la încărcarea capacității.

Modificarea valorilor rezistenței de izolație și a coeficientului de absorbție poate fi provocată de diferite cauze: umiditate pe suprafața înfășurării, umiditate în grosimea izolației, depuneri de praf conductor la ieșiri, pe înfășurări, pe colector sau pe inele, deteriorarea izolației etc. În asemenea cazuri trebuie luate măsuri pentru stabilirea cauzei ce a dus la scăderea izolației și apoi pentru uscarea și curățirea mașinii, respectiv repararea izolației deteriorate.

În principiu, *tehnologia uscării* mașinilor electrice cuprinde următoarele operații de bază: încălzirea controlată a mașinii, evacuarea umidității din mașină cu ajutorul aerului de răcire și verificarea stării de uscare a izolației.

Încălzirea în vederea uscării mașinilor electrice se poate face, după caz, prin una dintre *metodele* prezentate în continuare.

a. *Încălzirea cu aer cald și uscat*, suflat din exterior peste carcasă și în special în interiorul mașinii. Aerul de uscare trebuie să nu depășească 90°C. Metoda se recomandă pentru înlăturarea umidității de suprafață. Mașinile mici se pot usca și în cuptoare ventilate (în vederea evacuării aerului umed). Se va avea grijă ca după această metodă de uscare, în cazul nedemontării mașinii, să se controleze ungerea rulmenților, întrucît prin încălzire vaselina se poate scurge, lucru ce ar duce la deteriorarea rulmenților și eventuala avarie a mașinii.

b. *Încălzirea din exterior, de exemplu cu radiații infraroșii*, se recomandă pentru uscarea bobinelor.

c. *Încălzirea cu curent alternativ*, care se aplică la mașinile asincrone, prin alimentarea înfășurării statorice cu tensiune alternativă trifazată, redusă la o valoare cel mult egală cu tensiunea de scurtcircuit. Se scurtcircuitează înfășurarea rotorică (la rotoarele bobinate), se frînează rotorul și se urmărește încălzirea și uscarea motorului.

În cazul mașinilor sincrone se pune mașina să funcționeze ca generator în scurtcircuit, reglîndu-se curentul prin intermediul excitației.

d. *Încălzirea prin inducție*. Cu ajutorul unui bobinaj auxiliar înfășurat pe fierul activ al mașinii (fig. 16.22) se creează un cîmp magnetic alternativ care produce încălzirea mașinii din cauza pierderilor în

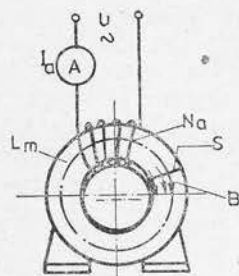


Fig. 16.22. Sistem de încălzire prin inducție a unei mașini electrice:

U — tensiunea de alimentare; L_m — lungimea miezului magnetic; A — ampermetru; B — inducție magnetică; N_a — număr de spire; S — secțiune transversală.

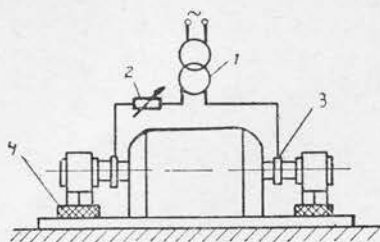


Fig. 16.23. Încălzirea prin inducție folosind arborele drept spiră inductoare:

1 — transformator de sudură; 2 — rezistență reglabilă; 3 — colier de cupru; 4 — lagăr izolat.

fier. Metoda se aplică în cazul mașinilor asincrone și sincrone. În general, bobinajul auxiliar inductor se alimentează cu o tensiune $U=60 \dots 220$ V și de aceea, în multe cazuri, este rațională folosirea unui transformator de sudare ca sursă de alimentare.

Calculul numărului de spire N_a și al curentului I_a pentru producerea inducției $B=\mu H$ în jugul statorului, caracterizat prin secțiunea reală S_j și lungimea medie a fluxului magnetic L_m , se face folosindu-se următoarele relații:

$$N_a = \frac{U}{4,44 \cdot B \cdot S_j \cdot f} \quad (16.15)$$

$$I_a = \frac{L_m \cdot H}{N_a} \quad (17.16)$$

unde: $B=0,7 \dots 0,9$ Wb/m², la începutul încălzirii și $B=0,4 \dots 0,6$ Wb/m², după stabilirea regimului termic, iar H se determină din curba de magnetizare în funcție de B .

În unele cazuri se poate folosi arborele mașinii drept bobinaj auxiliar, reprezentat printr-o singură spirală, dar curenții necesari în acest caz sînt mari (300...500 A), motiv pentru care contactul electric cu arborele trebuie să fie foarte bun. Este avantajoasă alimentarea de la un transformator de sudare. Pentru a se evita închiderea circuitului prin placa de fundație, unul dintre lagărele mașinii trebuie să fie montat izolat (fig. 16.23).

16.8.1. SUPRAVEGHEREA REGIMULUI TERMIC

Încălzirea pentru uscare trebuie efectuată cu prudență și viteza de creștere a temperaturii limitată la 5...8 grade/h, pentru a se asigura timpul necesar scurgerii vaporilor de apă prin porii fini ai izolației. Temperatura maximă pînă la care se poate merge cu încălzirea depinde de clasa de izolație a mașinii. Practica a arătat că uscarea se face în condiții bune la temperaturi cuprinse între 60 și 90°C.

16.8.2. EVACUAREA UMIDITĂȚII DIN MAȘINĂ

Umiditatea se poate evacua cu aerul de răcire în circuit deschis și în circuit închis. În ultimul caz, separarea umidității are loc într-un răcitor în care sînt introduși reactivi higroscopici. La uscarea mașinilor capsulate este necesar să se deschidă orificiile de vizitare, pentru ca aerul umed să poată fi evacuat.

16.8.3. VERIFICAREA STĂRII DE USCARE A IZOLAȚIEI

Această verificare se face prin măsurarea rezistenței de izolație R_{iz} în curent continuu, la intervale de 2...5 h. La început R_{iz} , se măsoară cu un megohmmetru de 500 V. Se recomandă trasarea diagramei de variație în funcție de timp a supratemperaturii θ și a rezistenței de izolație R_{iz} (fig. 16.24). Dacă după 10...12 h de încălzire R_{iz} nu se mai mărește, se recomandă intercalarea în programul de uscare a unei pauze în care mașina este lăsată să se răcească și numai după aceea se continuă uscarea printr-o nouă încălzire.

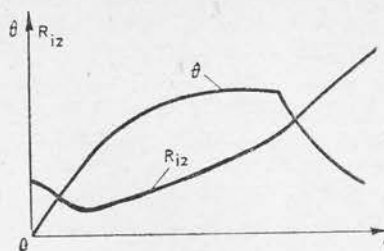


Fig. 16.24. Diagrama privind controlul desfășurării procesului de uscare:

θ — temperatura; R_{iz} — rezistența de izolație.

Este de reținut că valorile necesare rezistenței de izolație și procesul tehnologic de uscare depind de tipul și mărimea mașinii electrice, fapt pentru care trebuie să se consulte și instrucțiunile fabricii constructoare. În special, pentru generatoarele electrice, fabricile constructoare dau tehnologia de uscare a acestora pentru punerea în funcțiune, când datorită transportului și înmagazinării, generatoarele au fost umede.

16.8.4. USCAREA TRANSFORMATOARELOR

Pentru uscarea transformatoarelor se aplică una dintre următoarele metode:

a. **Uscarea în camera cu vid.** Transformatorul fără ulei se încălzește la 70...80°C și se introduce în turnul de uscare în care s-a creat un vid de 150 mm Hg. Se ridică apoi temperatura la 100...105°C și se începe mărirea treptată a vidului în camera de vid pentru a se încălzi întreaga masă a izolației și pentru a se absorbi vaporii de apă din izolație. În timpul operației de uscare se măsoară la fiecare oră cantitatea de condensat degajat și rezistența de izolație a bobinajului față de miez și între bobinaje.

Uscarea se consideră terminată atunci când timp de 3 h nu se degajă nici un fel de vaporii din izolație, iar curba de variație a rezistenței de izolație, care la începutul uscării scade, pentru ca apoi să crească, rămâne paralelă cu axa absciselor timp de 6 h pentru transformatoarele sub 3200 kVA și 10 h pentru transformatoarele >3200 kVA.

Turnarea uleiului în cuvă se face la o temperatură de 80°C a aerului din cuvă.

b. **Uscarea în cuvă.** Uscarea se face chiar în cuva proprie, fără ulei. Temperatura necesară uscării este creată prin diferite metode, cum ar fi: confecționarea unui bobinaj de magnetizare (din conductor izolat așezat pe un strat de azbest) pe toată înălțimea cuvei transformatorului, serpentine de abur, sobe electrice sau suflarea cu aer cald. În timpul operației de uscare, temperatura bobinajelor nu trebuie să depășească 95...100°C, iar temperatura cuvei 115...120°C.

c. **Uscarea în camera specială** (fără vid). Această metodă se aplică la uscarea transformatoarelor de puteri mai reduse. Camera este confecționată din panouri cu rame de lemn căptușite cu foi de placaj, azbest cu grosimea de 3—5 mm, peste care se așează tablă de oțel. Încălzirea se realizează prin serpentine cu abur sau sobe electrice. Temperatura de uscare se menține la 100...105°C, iar vaporii degajați sînt aspirați printr-o conductă prevăzută cu clapă de închidere. Durata uscării variază între 20 și 40 h pentru transformatoare pînă la 1800 kVA și 35 kV.

CAPITOLUL 17

VIBRAȚIILE MAȘINILOR ELECTRICE. CAUZELE ȘI ÎNLĂTURAREA LOR

17.1. GENERALIĂȚI

O mare influență asupra duratei de serviciu a unei mașini electrice o are mersul ei liniștit în exploatare, fără vibrații. Vibrațiile reprezintă mișcări oscilatorii ale pieselor mașinii, care apar datorită unei forțe oarecare în acțiune perturbatoare, de exemplu datorită forței centrifuge ale maselor neechilibrate în rotație, eforturilor electromagnetice variabile etc.

În funcționarea mașinilor electrice, vibrațiile sînt dăunătoare, motiv pentru care se impune luarea de măsuri pentru evitarea lor.

În cazul mașinilor electrice rotative fenomenul de vibrație apare datorită dezechilibrului organelor în mișcare de rotație. Un parametru caracteristic fenomenelor vibratorii este turația critică.

Pentru asigurarea funcționării fără vibrații a mașinii electrice rotative trebuie ca turația de regim să fie cît mai îndepărtată de turația critică. În cazul turațiilor mai mari decît turația critică se va asigura trecerea rapidă peste valoarea turației critice.

Valoarea turației critice poate fi influențată printr-o bună echilibrare a organelor în mișcare de rotație (rotorului), precum și prin modificarea masei organelor în mișcare de rotație, sau a constantei elastice a sistemului.

În toate ramurile industriei moderne, mașinile rotative (motoare electrice, pompe, ventilatoare etc.) ocupă un loc important, ele fiind răspîndite într-o mare varietate de tipuri și puteri.

Cauze destul de variate și chiar independente de construcția acestor mașini duc la vibrații ale pieselor și subansamblurilor ce se rotesc, vibrații care se transmit apoi la lagăre, carcasă, fundații etc., cu consecințe nefavorabile asupra siguranței lor în exploatare.

Funcționarea fără vibrații a corpurilor și pieselor în mișcarea de rotație este și mai importantă atunci cînd este vorba de mase mari și de turații ridicate.

În cele ce urmează se vor da cîteva exemple de consecințe ale funcționării unor mașini electrice cu vibrații mari. Un prim neajuns al unui regim de

vibrații ridicat este apariția ungerii necorespunzătoare a lagărelor mașinii. În aceste condiții, pelicula de ulei nu poate atenua șocurile fusului; se produc încălziri locale excesive și în final apare o uzură mare și prematură a suprafețelor de frecare ale cuzineților. Uzura cuzineților devine o cauză secundară de producere de noi vibrații; iar deteriorarea mașinii crește progresiv.

Vibrațiile puternice ale mașinilor provoacă de multe ori și ruperea conductelor de abur, de ulei etc., iar exploatarea îndelungată a mașinilor cu vibrații mari provoacă adesea chiar deteriorarea fundației de beton armat pe care sînt montate mașinile. Vibrațiile mașinilor electrice pot avea influență și asupra agregatelor învecinate, precum și asupra sănătății personalului de exploatare care le supraveghează sau care lucrează în apropierea lor.

17.2. CAUZELE VIBRAȚIILOR

Cauzele care produc vibrații la mașinile electrice rotative se pot împărți în două mari categorii: cauze de natură mecanică și cauze de natură electromagnetică.

Cauzele de natură mecanică sînt cel mai des întîlnite și prezintă mai multe variante:

- dezechilibrul părților în rotație, care la rîndul lui poate fi provocat de: încovoierea axului rotorului, deplasarea bobinajului rotorului datorită unei fixări insuficiente sau bandajării defectuoase, deplasarea bobinajului rotorului datorită uscării izolației;

- descîntări ale liniei axelor, datorită deformării suporturilor, tasării fundației etc;

- centrare efectuată necorespunzător între agregatele rotitoare: motor-pompă, motor-ventilator, motor-moară, generator-turbină etc.;

- anumite piese rotative de pe arbore, ca rotorul, șaiba de transmisie, volantul etc. nu sînt bine fixate pe arbore;

- defecte în angrenajele cu roți dințate ca rezultat al angrenării și prelucrării necorespunzătoare a dinților;

- alungirea necorespunzătoare a cablurilor și curelelor de transmisie;

- cuplajele defecte din cauza montării incorecte a semicuplajelor pe arbore; prezintă bătaii (sînt excentrice). Bolțurile sau dinții cuplajelor sînt neuniform uzați sau sînt prea uzați;

- fusurile axului s-au ovalizat;

- jocuri necorespunzătoare între arbore și cuzineți, sau rulmenți deteriorați în timpul funcționării;

- mașina nu este bine fixată pe fundație, fie că placa de fundație nu este turnată corect, fie că s-au slăbit șuruburile de fixare;

- la mașina în cauză se transmit vibrațiile altor mașini din vecinătate;

- mașina intră în rezonanță cu fundația dacă oscilațiile proprii ale fundației corespund cu oscilațiile mașinii; atunci vibrația va apărea numai la o anumită turație și este deosebit de dăunătoare, dacă această turație corespunde cu turația nominală a mașinii;

— ovalizarea colectoarelor mașinilor de curent continuu datorită unor forțe variabile de frecare între perii și colector, (arcurile portperii sînt neuniform tensionate);

— este prea scăzută temperatura uleiului care intră în lagărul cu ungere forțată și are o presiune necorespunzătoare, ceea ce poate influența stabilitatea arborelui pe pelicula de ulei producînd vibrații;

— discontinuitatea filmului de ulei, datorită unei admisiuni insuficiente de ulei la lagăre, care duce la apariția frecării uscate, însoțită de vibrații;

— exploatarea necorespunzătoare a mașinii și anume, pornirea care nu respectă diagramele stabilite prin prescripțiile de exploatare face să apară dilatări neuniforme ale agregatului, fie îndoiri ale arborelui, care duc la vibrații puternice. Acest caz poate apărea mai cu seamă la turbinile cu abur.

Cauze datorită fenomenelor electromagnetice. Aceste cauze sînt următoarele:

— neuniformitatea întrefierului dintre rotor și stator este foarte mare. Rotorul va fi atras spre stator în partea spațiului minim;

— fierul activ al rotorului este deformat sau are bătaie. Din această cauză, în timpul funcționării, distanța dintre stator și rotor devine asimetrică și apar forțe de atracție învîrtitoare asimetrice care produc oscilații ale mașinii;

— scurtcircuit între spirele rotorului generatorului;

— asimetria sarcinii turbogeneratorului este prea mare;

— nu coincid axele magnetice ale statorului și rotorului din cauza instalării incorecte a statorului. În această situație la punerea în funcțiune (excitarea generatorului sau pornirea motorului) are loc o deplasare a rotorului (indusului), pînă cînd acesta poate atinge unul dintre lagăre. Identificarea vibrațiilor datorate fenomenelor electromagnetice se poate face prin deconectarea motorului de la rețea sau dezexcitarea generatorului, și dacă vibrațiile dispar se poate considera că ele sînt produse de fenomene electromagnetice.

17.3. MĂSURAREA VIBRAȚIILOR

Aparatele de măsurat vibrații utilizate în practică, măsoară de obicei elongația oscilației, adică deplasarea totală a punctelor care vibrează de la o poziție extremă la alta.

Vibrațiile se măsoară cu vibrografe sau cu vibrometre.

Măsurarea vibrațiilor mașinilor cu turații pînă la 500 rot/min se poate face cu comparatorul. Pentru mașinile cu turații mai mari se poate folosi tastograful tip Geiger, aparat de tip mecanic cu sensibilitate bună (0,01 mm).

Ca aparate de precizie se utilizează vibrometrele electronice, care transformă vibrația mecanică într-o tensiune electrică pe care apoi o amplifică electronic. Astfel de aparate sînt fabricate de firma Philips (Olanda), CEMB (Italia) etc. Drept locuri de măsurare se aleg acele părți ale cutiei lagărelor unde sînt fixați cuzineții, deoarece acolo vibrația se manifestă de obicei cel mai puternic. Locul de măsurare trebuie marcat precis în timpul măsurărilor pentru a se putea face o comparație în timp a vibrațiilor.

Conform STAS 6910-74 vibrațiile se măsoară în trei direcții perpendiculare: verticală, orizontală-transversală și orizontală-axială (fig. 17.1). Mărimea cea mai importantă este amplitudinea sau dublă amplitudine a vibrației. Aprecierile asupra mărimii acestor amplitudini se face în funcție de turația mașinii și sînt stabilite prin standarde și prescripții.

Astfel, STAS 6910-74 stabilește amplitudinile mișcării lagărelor cu calificativele respective pentru turbogeneratoare (tabelul 17.1).

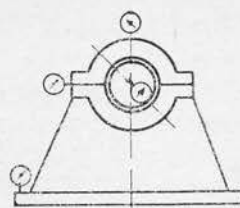


Fig. 17.1. Sistem de măsurare a vibrațiilor.

Tabelul 17.1

Turații nominale și amplitudinile vibrațiilor turbogeneratoarelor, conform STAS 6910-74

Turația nominală rot/min	Amplitudini, μm		
	foarte bine	bine	satisfăcător
Pînă la 1 500	pînă la 30	între 30 și 80	între 80 și 100
Peste 1 500 pînă la 5 000	pînă la 20	între 20 și 50	între 50 și 70
Peste 5 000	pînă la 10	între 10 și 25	între 25 și 40

Vibrațiile motoarelor electrice, în timpul funcționării, nu trebuie să depășească 0,06 mm pentru motoarele electrice cu viteza de 1500 rot/min și 0,10 mm pentru motoarele electrice cu viteza de 1500 rot/min sau mai mică. Neuniformitatea întrefierului, între stator și rotor, nu trebuie să depășească 10%.

În exploatare se impune ca la supravegherea agregatelor să se aibă în vedere depistarea și îndepărtarea cauzelor care produc vibrații ale mașinilor electrice și aceasta în timp cît mai rapid.

17.4. ÎNLĂTURAREA VIBRAȚIILOR MĂRITE ALE MAȘINILOR ELECTRICE PRIN ECHILIBRAREA ROTOARELOR

Operația de anulare a efectului forțelor centrifuge create de dezechilibru poartă numele de *echilibrare*. Se deosebesc trei feluri de dezechilibrare: statică, dinamică și mixtă (statică și dinamică).

Dezechilibrul static are loc cînd centrul de greutate al corpului este deplasat la o oarecare distanță față de axa de rotație a acestuia (fig. 17.2). În acest caz, asupra rotorului în rotație acționează o forță dezechi-

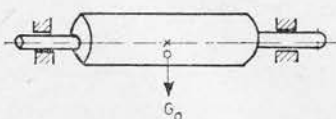


Fig. 17.2. Rotor în stare de dezechilibru static.

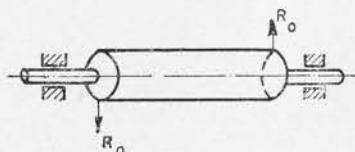


Fig. 17.3. Rotor în stare de dezechilibru dinamic.

librantă, datorită căreia lagărului i se aplică două forțe paralele care se rotesc.

Dezechilibrul dinamic cauzează la rotirea corpului un cuplu de forțe radiale aplicat corpului; datorită acestui fapt, asupra lagărelor se aplică două forțe radiale, rotitoare, egale și opuse ca sens (fig. 17.3). Centrul de greutate al corpului nu este deplasat față de axa de rotație, fapt pentru care dezechilibrul apare numai în cazul rotirii corpului.

Dezechilibrul mixt — static și dinamic — se întâlnește cel mai frecvent. În acest caz, toate forțele centrifuge dezechilibrate care acționează asupra corpului în rotație pot fi reduse la un cuplu de forțe radiale și la o forță radială.

Pentru înlăturarea oricărui dezechilibru se efectuează echilibrarea corpului, care constă în determinarea greutății și locului de așezare a sarcinilor de echilibrare, care producând forțe centrifuge compensează forțele dezechilibrate aplicate corpului. În funcție de tipul dezechilibrului cum și de raportul dintre lungimea și diametrul corpului este necesară echilibrarea statică sau dinamică.

Rotoarele cu turație mică precum și rotoarele la care raportul între lungime și diametru este mic este suficient să se echilibreze static; rotoarele lungi trebuie să fie echilibrate și dinamic. De obicei, echilibrarea dinamică este mult mai eficientă și înlătură dezechilibrul de orice fel.

În cazul corpurilor rotitoare simple, echilibrarea se poate face fie prin scoaterea de material din corpul rotitor, cu relația:

$$G_{or}=0, \quad (17.1)$$

fie prin adăugarea unor greutateți suplimentare de echilibrare, astfel ca să existe relația:

$$G_{or}=y r_1. \quad (17.2)$$

Adăugarea de greutateți se realizează prin fixarea pe corpul rotitor (rotor, disc, ventilator etc.) a unei greutateți de echilibrare y la o distanță r_1 față de axa de rotație, pe aceeași direcție cu dezechilibrul G_o dar în sens

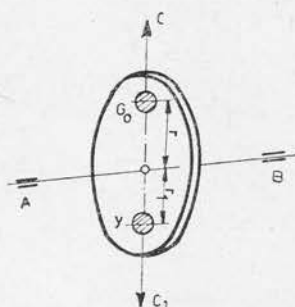


Fig. 17.4. Sistem de echilibrare cu contragreutate a unui rotor:

A, B — lagăre; C — forța centrifugă care acționează asupra rotorului; r , r_1 — distanțe față de centrul rotorului.

opus acestuia, astfel încît să fie satisfăcută egalitatea $G_{or}=y \cdot x_1$ (fig. 17.4). La rotirea rotorului, forța centrifugă C_1 , produsă de greutatea de echilibrare y , fiind egală și opusă față de forța centrifugă produsă de dezechilibrul G_o , o echilibrează în întregime și, ca atare, efectul forțelor asupra lagărelor va fi anulat, iar rotorul se va roti fără vibrații. Centrul de greutate O al corpului rotitor va reveni în axa sa de rotație $A-B$ și, ca urmare, el va rămîne în echilibru în orice poziție s-ar afla (echilibru indiferent).

Eliminarea acestui dezechilibru se face, de obicei, prin rotirea discului în stare statică, adică prin balansare sau rostogolire, operație cunoscută sub denumirea de echilibrare statică.

În cazul echilibrării statice se pot ivi două cazuri:

- rotorul manifestă un dezechilibru static evident;
- starea de dezechilibru static nu se exteriorizează deși există.

17.4.1. ROTORUL MANIFESTĂ UN DEZECHILIBRU STATIC EVIDENT

Dacă așezăm rotorul pe două prisme paralele și-l mișcăm din poziția sa, el tinde să se așeze mereu în poziția în care dezechilibrul G_o se află pe verticală și anume sub axa de rotație (fig. 17.5). În această situație, se notează punctul A pe periferia rotorului.

Operația de echilibrare statică se începe prin aducerea centrului său de greutate în poziția în care G_o este pe orizontală. Lăsat liber sub acțiunea forței dezechilibrate, rotorul se învîrtește astfel încît punctul A coboară și, trecînd de axa verticală, se oprește la înălțimea h față de un plan orizontal, de unde își schimbă sensul de balansare. Se măsoară înălțimea h (Fig. 17.6).

După aceasta, se aduce punctul A în plan orizontal în partea stîngă (opusă). În această poziție se fixează în punctul B (opus punctului A) o greutate adițională — g — care poate fi din chit, magneti, permanenți, plumb etc., greutate care trebuie să fie astfel aleasă, încît sub acțiunea ei rotorul să se învîrtească, iar punctul B să se ridice deasupra planului de referință la aceeași înălțime h .

Mărima forței neechilibrate G_o se poate determina dacă se cunoaște greutatea g a bucății de chit lipită în punctul B . Într-adevăr, în primul caz, forța G_o ridică punctul A la înălțimea h iar în cazul al doilea forța $(g-G_o)$ ridică punctul B la aceeași înălțime h ; cu alte cuvinte, în ambele cazuri energia potențială a maselor dezechilibrate este:

$$G_o h = (g - G_o) h. \quad (17.3)$$

Din relația (17.3) rezultă că:

$$2G_o h = gh \quad (17.4)$$

sau

$$G_o = \frac{g}{2}, \quad (17.5)$$

adică din punctul A este necesar a se îndepărta o cantitate de metal avînd greutatea egală cu jumătate din greutatea g a chitului (plumbului, magnetilor permanenți).

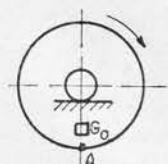


Fig. 17.5. Rotor dezechilibrat static.

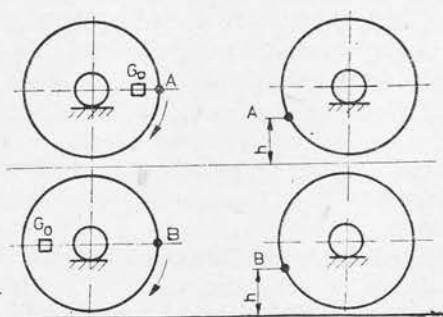


Fig. 17.6. Sistem de echilibrare statică a rotoarelor.

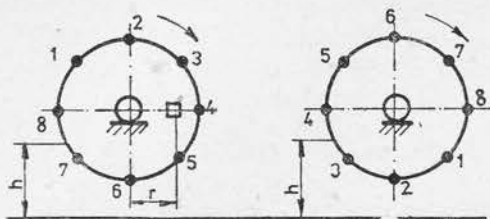


Fig. 17.7. Sistem de echilibrare a rotoarelor grele.

17.4.2. ROTORUL NU ARE DEZECHILIBRU VIZIBIL

La rotoarele mai grele se întâmplă ca momentul dat de dezechilibrul static să nu întrecă momentul rezistent de frecare la rostogolire. Dezechilibrul static nu se evidențiază. Pentru a ne convinge dacă avem sau nu dezechilibrul static, se împarte periferia rotorului în 6, 8 sau 12 părți egale și se numerează (fig. 17.7).

Se așează rotorul pe paralele și prin rostogolire, într-un sens, se aduc pe rând punctele numerotate, în planul orizontal care trece prin axa de rotație.

În fiecare dintre punctele numerotate se fixează pe rând câte o greutate de probă (chit, magneti) aleasă în așa fel, încât sub influența ei, rotorul să se rotească ușor și de fiecare dată cu același unghi față de verticală sau orizontală. În practică este mai ușor să se măsoare înălțimea h .

Din această operație reiese că, în cazul când rotorul este complet echilibrat, în fiecare din cele opt puncte se adaugă aceeași greutate de probă pentru a realiza aceeași rotire sau aceeași înălțime h . Dacă rotorul este dezechilibrat, atunci greutatea de probă va diferi de la punct la punct. La punctul în care s-a adăugat greutatea cea mai mică sau în imediata vecinătate a lui, se află dezechilibrul căutat. În continuare se procedează la compensarea dezechilibrului, în principiu după metoda arătată anterior.

17.4.3. ECHILIBRAREA DINAMICĂ

Determinarea mărimii, direcției și sensului dezechilibrului, fie el static sau dinamic, prin rotirea piesei sau subansamblului la o anumită turație și aflarea greutăților de echilibrare care să compenseze efectul dezechilibrului, constituie operația de echilibrare dinamică.

Echilibrarea dinamică se poate face la turații joase, pe dispozitive sau mașini speciale, precum și la turația nominală pe lagărele proprii ale mașinii.

Aproape toate metodele de echilibrare dinamică, atât cele la turație joasă, cât și cele la turația nominală, se bazează pe ipoteza că amplitudinea vibrațiilor lagărului este proporțională cu forța care o provoacă și că defazajul între direcția forței perturbatoare și direcția deviației maxime nu variază dacă frecvența vibrației este constantă, adică atunci când turația este constantă.

Variindu-se în mod artificial dezechilibrul prin fixarea în anumite locuri ale rotorului a unei sarcini de încercare, se măsoară valoarea amplitudinii (sau a elongației) și faza vibrației lagărelor și după datele obținute se determină greutatea și locul de așezare a sarcinii de echilibrare necesare.

Metodele de echilibrare dinamică la turație joasă sînt:

— echilibrarea dinamică prin însemnarea valorilor maxime ale amplitudinilor vibrațiilor și încovoierilor;

- echilibrarea dinamică prin deplasarea circulară a greutății de probă;
- echilibrarea dinamică în două sensuri de rotație;
- echilibrarea dinamică într-un singur sens de rotație.

Metodele de echilibrare dinamică la turația nominală sînt:

- echilibrarea prin măsurarea amplitudinii vibrațiilor (metoda celor trei porniri) cu ajutorul nomogramelor și graficelor;
- echilibrarea prin măsurarea fazei. (Faza, adică unghiul de decalaj între amplitudinea vibrației lagărelor luată ca bază și amplitudinea maximă);
- echilibrarea prin măsurarea amplitudinii și a unghiului de decalare.

Mașinile și dispozitivele pentru echilibrare dinamică sînt:

- mașina Achimor;
- mașina Lavacek-Haymann;
- mașina cu lagăre oscilante pe suport plan;
- dispozitivul de echilibrare dinamică pe suporturi de cauciuc;
- mașini de echilibrare dinamică cu dispozitive de măsurat electrice;
- mașina de echilibrat electrodinamică,
- mașina de echilibrat piezoelectrică;
- mașina de echilibrat stroboscopică;
- aparate portabile de echilibrat la turația nominală (Tip CEMB — fabricație italiană, brevet MIG—R.S.R.).

Problema vibrațiilor se pune și mai accentuat în condițiile utilizării mașinilor electrice cu rotorul alungit, care sînt din ce în ce mai mult utilizate în prezent în componența tuturor echipamentelor electromecanice, în mod deosebit la acționarea și comanda mașinilor-unelte cu comandă după program, a căror turație depășește în unele cazuri 15 000 rot/min.

De asemenea, la turbogeneratoarele din marile centrale electrice care au lungimi și diametre periferice mari se pune cu acuitate această problemă.

PARTEA A IV-A

PROBLEME REFERITOARE LA TEHNOLOGIA LUCRĂRILOR DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARARE A MAȘINILOR ELECTRICE

CAPITOLUL 18

TEHNOLOGIA ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII MAȘINILOR ELECTRICE

18.1. GENERALITAȚI

Funcționarea sigură și continuă a utilajelor electromecanice are o importanță deosebită în realizarea procesului de reparare. Asigurarea unui mers fără deranjamente și avarii este strâns legată de realizarea unei exploatare cât mai rațională a utilajelor, în vederea detectării la timp a oricăror defecte și luarea de măsuri pentru înlăturarea lor.

În acest context, în capitolul de față vor fi prezentate lucrările ce trebuie efectuate asupra mașinilor electrice, care fac parte integrantă din utilajele electromecanice.

Lucrările de întreținere, revizii și reparații ce trebuie realizate asupra mașinilor electrice constituie un atribut important al personalului de exploatare și de reparații care deservește utilajul electromecanic (electropompe, electroventilatoare, electrocompresoare, convertizoare etc.), utilaj ce concurează la realizarea producției.

Mașinile electrice sînt supuse unui control permanent asupra stării lor de funcționare, făcîndu-se intervențiile de rigoare asupra realizării bunei funcționări, fără oprirea utilajului, operații care constituie categoria lucrărilor de întreținere.

Pe de altă parte, în vederea menținerii mașinilor electrice în bună stare de funcționare de durată, cu randament maxim și pentru prevenirea avariilor, pe lângă lucrările de întreținere este necesar ca periodic să se efectueze lucrări de reparații preventive planificate, care, după natura și durata lor, pot fi: revizii tehnice (RT), reparații curente (RC) sau reparații capitale (RK).

18.1.1. ÎNTREȚINEREA MAȘINILOR ELECTRICE

Întreținerea mașinilor electrice comportă o serie de lucrări comune atât pentru generatoare, cât și pentru motoarele electrice, cu caracter specific celor de curent continuu sau celor de curent alternativ.

În timpul funcționării utilajului electromecanic, personalul de serviciu va urmări ca mașinile electrice să fie supuse unui regim normal de funcționare la parametri nominali înscrși pe plăcuța mașinii sau în cartea mașinii (U_n , I_n , n_n , f , $\cos \varphi$ etc.). Abateri de la acești parametri pot

conduce la deranjamente care se pot ivi fie imediat, fie mai târziu, în funcție de natura și valoarea abaterii.

— Una dintre abaterile curent întâlnite în funcționarea utilajelor este *supraîncărcarea* mașinii electrice. La creșterea sarcinii mașinii va crește curentul electric, care produce încălzirea bobinajului și eventuala deteriorare a izolației. Din această cauză nu se permite funcționarea de durată a mașinilor electrice la un curent de peste 5% față de curentul nominal (această mărime $1,05 I_n$ se marchează cu linie roșie pe scala ampermetrului mașinii).

Întreprinderile constructoare pot stipula prin cărțile mașinilor și suprasarcinile admisibile de scurtă durată pentru cazuri de avarii; astfel, la motoarele electrice având puteri sub 100 kW, construite în România, se admit valorile din tabelul 18.1.

Tabelul 18.1

Suprasarcini procentuale admisibile de scurtă durată și durata acestor suprasarcini la motoare electrice având puteri de cel mult 100 kW

Suprasarcina față de curentul nominal	25 %	50 %	100 %
Durata suprasarcinii, în min	15	3	1

La generatoare, majoritatea întreprinderilor constructoare din țară și străinătate admit valorile aproximative pentru suprasarcinile de scurtă durată din tabelul 18.2.

Tabelul 18.2

Suprasarcini admisibile de scurtă durată și durata acestor suprasarcini, la generatoare electrice

Multiplul curentului în raport cu valoarea nominală I/I_n	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,5
Durata suprasarcinii, în min	60	6	4	3	2	1

O altă mărime importantă care trebuie urmărită în timpul funcționării utilajului este *tensiunea electrică*. Valoarea tensiunii pentru mașinile electrice trebuie să se păstreze în limitele de -5% și $+10\%$ față de tensiunea nominală. Variația tensiunii în afara acestor limite conduce la mărirea curentului mașinii și la ridicarea temperaturii statorului și rotorului peste limitele admise.

Totodată se va acorda o atenție deosebită asupra mediului de răcire pentru mașinile electrice, care trebuie să asigure o răcire eficientă și corespunzătoare a acestora. Se va avea grijă ca aerul pentru răcire să fie uscat și cu temperatură maximă de $+35 \dots 40^\circ\text{C}$. Nici aerul prea rece nu este indicat în toate cazurile, pentru că poate produce condensarea eventualelor vapori de apă pe care îi conține, pe suprafețele de răcire.

În special, la mașinile cu răcire în circuit închis, în timpul iernii și mai ales când temperatura aerului răcit scade sub -20°C , pe suprafața răcitorului se formează o brumă deasă. Efectul stropilor de apă este dăunător

În primul rînd răcitorului a cărui suprafață se corodează. În al doilea rînd, stropii de apă sînt antrenati de curentul de aer și pătrund în mașină; umiditatea absoarbe monoxidul de azot și se transformă într-un acid slab, care atacă suprafața izolației. Pentru înlăturarea efectului de aburire trebuie să se ia o serie de măsuri ca: ridicarea temperaturii aerului prin reducerea debitului de apă de răcire sau prin recircularea apei de răcire, într-o proporție anume aleasă.

De asemenea, în timpul funcționării mașinilor electrice se va controla ca îngrădirile, legătura la centura de legare la pămînt și apărătorile de protecție să fie montate la locurile lor și în stare bună. Mașinile electrice vor fi menținute în stare curată, ștergîndu-se periodic de praf și alte impurități. Se controlează funcționarea mașinii, observîndu-se dacă au loc zgomete anormale și vibrații. Se controlează încălzirea lagărelor cu termometrul sau cu mîna. La creșterea temperaturii peste limita admisibilă se cercetează cauzele și se iau măsuri pentru remedierea defectelor. Se va controla nivelul uleiului în lagăre, și dacă este necesar se va completa.

La mașinile electrice cu colectoare și inele colectoare, punctele cele mai slabe ale circuitului sînt periiile, colectoarele și inelele.

Procesul de comutație la colectoarele și inelele mașinilor electrice este un proces dificil, avîndu-se în vedere că în aceste puncte intervin contacte glisante care sînt în permanență dependente de factori electrice, mecanici, atmosferici și de puritatea mediului ambiant.

Momentul cel mai dificil este atunci cînd peria scurtcircuitază două lamele ale colectorului (fig. 18.1), deoarece atunci, peste curentul de regim I se suprapune un curent suplimentar I_k ca urmare a scurtcircuitării unui număr de spire ale indusului. Acest curent îngreunează efectul de comutație și apar scînteii la perii.

În exploatare se va urmări gradul de scînteiere, uzura periilor, ansamblul perii-portperii, precum și suprafața colectorului și a inelelor colectoare. Culoarea scînteilor este un indiciu important al defectelor de comutație. O scînteiere slabă observată, în mod frecvent, pe marginea de fugă a periei nu reprezintă un pericol dacă este mică și de culoare albă sau albă-albăstruie. Scînteile alungite de culoare gălbuie la mai multe perii indică o comutație incorectă. Scînteii de culoare verde și prezența cuprului pe suprafața de contact a periei indică unele deficiențe mecanice ca: excentricitatea colectorului, vibrația periilor, ieșirea lamelor etc.

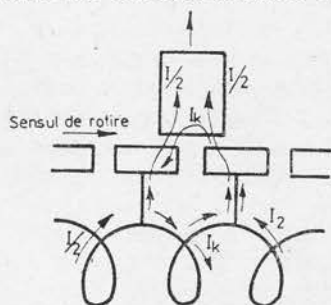


Fig. 18.1. Schema circulației curentilor în timpul procesului de comutație.

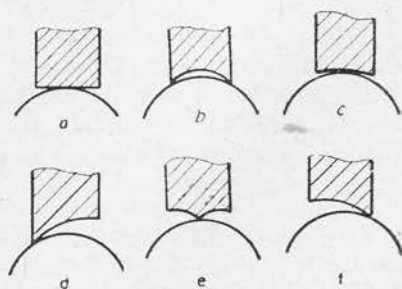


Fig. 18.2. Tipuri de perii prelucrate necorespunzător:

a — perie neprelucrată; b — perie cu rază de curbura mică; c — perie cu rază de curbura mare; d — perie cu proeminență laterală stînga; e — perie cu vîrf central; f — perie cu proeminență laterală dreapta.

Pentru evitarea scinteiilor, o importanță deosebită o prezintă montarea corectă a periilor pe colector sau inele. Înainte de montare, periile se vor prelucra pentru ca suprafața de contact să fie cea corespunzătoare formei colectorului sau inelului. În figurile 18.2, a-f sînt prezentate cîteva perii a căror suprafață nu este corespunzător prelucrată.

Prelucrarea corectă a periilor se va face cu dispozitive de șlefuit periile, la curbura colectorului sau a inelului mașinii. Diametrul tamburului dispozitivului de șlefuit va fi cu 1 mm mai mic decît cel real al colectorului ori inelului mașinii, necesar înfășurării stratului de hîrtie sticlă cu care se execută șlefuirea. Hîrtia sticlă va fi de granulație fină, iar viteza de rotație a dispozitivului poate fi aleasă între 200 și 300 rot/min.

În lipsa dispozitivului periile se pot șlefui chiar pe colectorul mașinii la turație redusă cu ajutorul hîrtiei sticlate. În acest scop se fixează peria în port-perie, i se desfac legăturile electrice, se introduce hîrtia sticlă sub perie, cu asperitățile spre aceasta, iar șlefuirea se face în sensul de rotație a mașinii la presiunea normală a dispozitivului de apăsare, fără a se mări presiunea prin apăsare cu mîna (fig. 18.3).

Operația de șlefuire a periilor se poate face individual sau pentru mai multe perii deodată.

După ce s-a efectuat șlefuirea, colectorul, inelele și întregul ansamblu se vor sufla cu aer comprimat, cu grijă pentru a nu introduce praful de cărbune în mașină.

La fixarea periilor, un alt element important care trebuie avut în vedere este alegerea corectă a presiunii de apăsare a periei pe colector.

Verificarea presiunii de contact se face cu ajutorul unui dinamometru. Valorile orientative ale presiunii de contact sînt date în tabelul 18.3.

La reglarea presiunii de contact se va urmări ca toate periile pe un colector să aibă aceeași presiune.

Este necesar ca periile să fie alese la dimensiuni potrivite, astfel încît ele să se poată mișca liber în portperii; dacă este necesar se vor ajusta periile prin tăiere sau șlefuire. Jocul normal al periei în portperie este de 0,2—0,3 mm.

În toate cazurile, periile montate la mașinile electrice vor avea dimensiunile și marca indicată prin instrucțiunile fabricii producătoare. Periile sînt astfel alese, încît să corespundă materialului colectorului sau inelelor colectoare, tipului de mașină și vitezei periferice la locul de contact.

Periile colectoare pot fi împărțite în patru clase, în funcție de materialul folosit:

- clasa I: perii de cărbune — grafit (K);
- clasa II: perii de grafit (G);
- clasa III: perii de electrografit (E);

Tabelul 18.3

Valori admisibile ale presiunii de contact
a periilor pe colectoarele mașinilor
electrice

Calitatea cărbunelui	Presiunea, în g/cm ²	
	Pe colector	Pe inel
Dur	180	—
Grafit moale	150	180
Electrografit	175	220

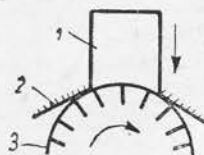


Fig. 18.3. Șlefuirea
periilor cu hîrtie
sticlă (șmirghel):
1 — perie; 2 — hîr-
tie sticlă; 3 — co-
lector.

Tabelul 18.4 — Densitățile de curent la diverse tipuri de perii

Tipul periiilor	Densitatea de curent A/cm ²
Cărbune grafit	6—8
Grafit	7—11
Electrografit	9—12
Metal-grafit	12—10

— clasa IV: perii de metal-grafit (M); cele mai răspândite din această clasă sînt cele de cupru-grafit și cele de bronz-grafit.

O problemă de mare importanță este alegerea periiilor potrivite unei mașini electrice, din sortimentul disponibil oferit de fabricația indigenă. În cazul înlocuirii tipului de fabricație se va avea grijă ca periele alese să prezinte aceleași caracteristici ca ale tipului de perii vechi.

În linii mari, pentru condiții obișnuite de funcționare și o încărcare permanentă, densitatea de curent variază în funcție de materialul periiilor pentru mașini electrice, așa cum este arătat în tabelul 18.4.

Totodată, în cele ce urmează, sînt anexate tabelele privind echivalența după normele sovietice (GOST), germane (EKL) și a întreprinderii I.M.E. — București (tab. 18.5), precum și clasificarea, alegerea și domeniul de întrebuințare a periiilor pentru mașinile electrice (tab. 18.6 și 18.7).

18.2. DEFECTE COMUNE ALE MAȘINILOR ELECTRICE

În timpul exploatării utilajelor electromecanice pot apărea o serie de defecte la mașinile electrice, dintre care unele se pot remedia prin lucrările de întreținere, iar altele numai cu ocazia reparațiilor efectuate după oprirea utilajului.

Defectele comune ale mașinilor electrice sînt prezentate în cele ce urmează.

18.2.1. PE COLECTOARE SAU PE INELELE COLECTOARE SE FORMEAZĂ PETE MATE

Cînd mașina funcționează, aceste pete provoacă scînteierea periiilor; locurile acoperite cu pete se ard și devin rugoase și din această cauză scînteierea periiilor se intensifică și mai mult.

Petele pot apărea ca urmare a formării la locul de contact a unui element galvanic atunci cînd mașina oprită se află într-un mediu umed. Din această cauză, la scoaterea din funcțiune a mașinii pe o durată mai mare trebuie ca între perii și colector sau între perii și inelele colectoare să se așeze preșpan sau orice alt material electroizolant, care să întrerupă circuitul curentului produs la formarea elementului galvanic.

Pentru eliminarea petelor și a scînteierii provocate de ele, colectorul (inelele colectoare) se va strunji.

Strunjirea colectorului se face la o viteză de tăiere de circa 90 m/min și cu un avans de cel mult 0,05—0,1 mm la o rotație. Colectoarele mașinilor mari se strunjesc cu cuțite de calitate superioară prin învîrtirea rotorului în lagărele proprii.

Șlefuirea colectorului se face cu o piatră de granulație mică, fixată rigid pe un suport, sau cu un disc învîrtitor de carborund fin, cu diametrul de 150—300 mm. În cazul șlefuirii colectorului cu o piatră fixată rigid de suport, viteza periferică optimă a colectorului variază în limitele

10—20 m/s, șlefuirea se poate face de asemenea și la viteza periferică nominală. În cazul șlefuirii colectorului cu ajutorul discului învîrtitor, sensul de rotație al acestuia fiind contrar sensului de rotație al colectorului, avansul trebuie să fie totdeauna mic.

După strunjire sau după șlefuire, ori cînd există zgîrieturi, arderi sau alte defecte locale, colectorul se polizează. Polizarea se face la turația nominală, folosindu-se hîrtia sticlăta cea mai fină. Hîrtia se fixează pe o formă de lemn care se profilează după diametrul colectorului. Polizarea înlătură urmele de prelucrare a colectorului și crează condiții favorabile pentru formarea peliculei de oxid (lustrului) pe suprafața lui, necesară unei funcționări corecte a colectorului și a periilor.

18.2.2. INELELE COLECTOARE ALE MAȘINILOR SINCRONE SE UZEAZĂ NEUNIFORM

Inelul în contact cu polul negativ al sursei se uzează mai mult decît cel în contact cu polul pozitiv; din această cauză, suprafața de lucru a inelului în contact cu polul negativ devine mată, cu asperități, iar a celui de al doilea rămîne lucioasă. În cazul inelelor de bronz și de cupru, neuniformitatea uzurii este foarte evidentă, iar în cazul inelelor de oțel este mai puțin evidentă.

Explicația este că la locul de contact curentul transportă particule din metalul inelului colector în contact cu polul negativ spre perie, transport care se intensifică o dată cu cerșterea sarcinii.

Asperitățile inelului se înlătură prin strunjire și șlefuire, iar pentru preîntîmpinarea uzurii neuniforme a inelelor se va schimba polaritatea acestora în mod periodic (cam de două ori pe an).

18.2.3. COLECTORUL ȘI INELELE COLECTOARE SE UZEAZĂ INTENS ȘI NEUNIFORM

Aceasta se poate datora următoarelor cauze:

Marca periilor este necorespunzătoare (periile sînt prea tari). În această situație periile prea tari îndepărtează pelicula protectoare foarte fină de oxid — lustrul — care îmbunătățește comutația și proteja colectorul (inelele colectoare) de o uzură prea intensă.

Pentru remedierea situației se vor monta periile recomandate de întreprinderea producătoare.

Presiunea periilor pe colector (inele colectoare) este prea mare. Se va regla presiunea periilor conform instrucțiunilor întreprinderii producătoare (ori la valorile orientative date în tabelul arătat în paginile anterioare).

Periile utilizate sînt diferite și de mărci necorespunzătoare. Din această cauză pe suprafața colectorului (inelelor colectoare) se formează șanțuri inelare. Se va monta un singur fel de perii pe întreaga mașină, conform indicațiilor întreprinderii producătoare. Dacă aceasta nu este posibil, se vor monta periile în așa fel, încît pe fiecare tijă de perii să se găsească numai perii de aceeași marcă.

Periile de diferite polarități uzează colectorul neuniform, formînd pe acesta șanțuri inelare. Deoarece periile pozitive și cele negative uzează neuniform colectorul, este necesar ca periile a două tije alăturate de semne contrare (tija cu perii pozitive și cea cu perii negative) să funcționeze în linie pe aceeași urmă, iar periile următoarelor două tije, pe altă urmă ș.a.m.d. (fig. 18.4).

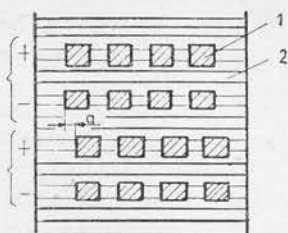


Fig. 18.4. Modalitate de amplasare a periilor pe colector:

1 — perii; 2 — lamelele colectorului.

18.2.4. UZURA PERIILOR ESTE EXCESIV DE MARE

În mod normal, în cazul curentului continuu, periile de polaritate negativă se uzează mult mai repede decît cele de polaritate pozitivă.

În afară de acest fenomen normal, uzura excesivă a periilor poate fi provocată de:

Presiunea periilor pe colector (sau inelele colectoare) este prea mare.

Periile montate pe colector sînt de marcă necorespunzătoare, ele sînt prea moi sau nu corespund în ceea ce privește viteza periferică dată.

Suprafața colectorului (inelelor colectoare) a devenit aspră. Se va strunji și șlefui colectorul.

Rotorul vibrează. Se vor înlătura cauzele vibrației rotorului.

Periile scînteiază intens din cauza unei **comutații proaste**. Se va verifica comutația. În unele cazuri, ameliorarea comutației se poate obține prin mărirea zonei de comutație sau folosindu-se perii late. Zona de comutație se mărește prin deplasarea periilor tuturor grupurilor de perii, una față de alta pe circumferința colectorului plasîndu-se în șah (fig. 18.5).

Densitatea de curent în perii este prea mare. Se vor alege periile indicate de întreprinderea producătoare, iar densitatea de curent se poate lua, orientativ, după valorile date în tabelul 18.7.

Curentul este repartizat neuniform între perii. Se va controla și regla uniform presiunea pentru toate periile asupra colectorului.

Colectorul (inelele colectoare) este îmbicsit cu praf de perie sau pulbere de metal, de nisip, sau de ciment. Se va proteja mașina împotriva pătrunderii din exterior a prafului. Colectorul, inelele colectoare și periile necesită o îngrijire minuițoasă. Ele trebuie să fie întotdeauna curate. Deosebit de dăunător pentru ele sînt praful metalic și cel de cărbune bun conducător de electricitate, care amestecîndu-se cu uleiul murdăresc suprafața de contact între perii și colector și produc scînteieri.

Colectorul și inelele colectoare se pot curăța în timpul funcționării mașinii cu ajutorul unei plăcuțe de lemn învelită în cîrpă uscată. În acest caz este necesar ca lucrătorul care efectuează operația de curățire să fie izolat de părțile sub tensiune și să ferească îmbrăcămintea și părul de părțile în rotație ale mașinii.

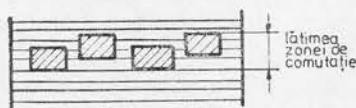


Fig. 18.5. Amplasare incorectă a periilor pe colector care conduce la mărirea zonei de comutație.

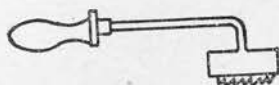


Fig. 18.6. Dispozitiv manual pentru adâncirea plăcilor de mică, între lamelele de colector.

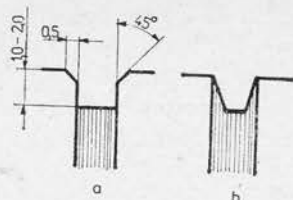


Fig. 18.7. Modalități de adâncire a plăcilor de mică între lamelele de colector: a — adâncire corectă; b — adâncire încercetă.

Între unele lamele ale colectorului a ieșit izolația. Izolația de mică (micanită) se adâncește între lamelele colectorului pînă la 1,5—2 mm. Adâncirea se face cu o freză specială antrenată de un motor electric, sau se execută adâncirea manuală cu ajutorul unui dispozitiv, care de obicei se execută dintr-o lamă de cuțit, reprezentat în figura 18.6.

Adâncirea plăcilor de mică se face așa cum este arătat în figura 18.7, a. În cazul figurii 18.7, b, după o uzură ușoară a colectorului mica va ajunge din nou afară dintre lamele.

Marginile lamelelor colectorului trebuie teșite cu șabărul sub un unghi de aproximativ 45° , pe o distanță de maximum 0,5 mm.

18.2.5. CERC DE FOC LA COLECTOR

Acesta poate apărea datorită următoarelor cauze:

- periile nu sînt plasate corect;
- polii principali și cei auxiliari nu se succed corect;
- periile nu sînt de marcă corespunzătoare. Se formează punți conductoare, din cărbune, între lamelele colectorului, care se încălzesc excesiv, iar la scurtcircuite, din periile moi de grafit se rup particule mici de cărbune înroșit, provocînd astfel cercul de foc;
- periile nu se găsesc pe axa neutră;
- portperiile ating colectorul. Se va lăsa o distanță între portperie și colector de 1—3 mm, în raport cu mărimea mașinii.

18.2.6. PUNEREA LA MASĂ A BOBINAJELOR

Mașina este murdară. În încăperea în care se află mașina pătrunde praf, sau praful datorat uzurii excesive a periilor pătrunde în mașină. În special în încăperile întreprinderilor metalurgice și de prelucrare a cărbunelui, în secțiile de laminare și în cocserii etc. praful este atît de fin și ușor, încît pătrunde nu numai la colectoare, inele colectoare și părțile exterioare ale bobinajului, ci chiar în interiorul mașinii. Pulberea care se depozitează cu timpul formează punți conductoare de curent care pot provoca străpungerea izolației și punerea bobinajelor la masă.

Este mai gravă situația în care aerul din încăpere în care se află instalată mașina este saturat cu vapori sau gaze acide sau bazice (de exemplu, în industria chimică), care cu timpul distrug izolația bobinajelor.

În asemenea încăperi trebuie să se instaleze numai mașini capsulate în care să nu poată pătrunde vaporii sau gazele dăunătoare, iar aerul pentru ventilație va fi adus prin conducte din exterior.

Bobinajele s-au umezit. La întreruperea funcționării mașinii vreme îndelungată, în special în anotimpul umed sau a pătrunderii directe a apei în mașină, a vaporilor proveniți de la scăpările conductelor de abur etc., izolația mașinii se va înrăutăți prin umezire, fiind necesară uscarea mașinii înainte de pornire, pentru a se preveni străpungerea izolației la masă. De asemenea pentru funcționarea în mediu umed se vor utiliza mașini în execuție închisă sau mașini în execuție protejată împotriva picăturilor sau stropilor de apă.

18.2.7. SUPRAÎNCĂLZIREA MAȘINII

Mașina este supraîncărcată. Dacă sarcina nu poate fi micșorată, se va înlocui mașina cu alta la care sarcina admisibilă este mai mare.

Motorul este destinat pentru o funcționare de scurtă durată sau pentru o funcționare alternativă de scurtă durată (de exemplu, la motoarele pentru macarale) și este utilizat fără pauze, timp îndelungat.

Se va respecta regimul nominal de funcționare a motorului.

Canalele de ventilație ale mașinii sînt înfundate. Fierul activ și bobinajele mașinii sînt acoperite cu un strat termoizolant format din scame mărunte și praf. Acest fenomen este deosebit de frecvent în fabricile textile, de hîrtie, de ciment, cherestea și de mobilă.

Mașina se va curăța prin suflare cu aer uscat la o presiune care nu trebuie să depășească 2 atm.

Sensul de rotație a mașinii care are un ventilator cu aripioare înclinate *nu este bine ales* și din această cauză debitul de aer de răcire este mult micșorat.

Conductele răcitorului cu apă au depuneri din apa murdară. Se vor curăți conductele cu ajutorul unor tije metalice care au la capăt perii sau cirpe înfășurate pe tijă, printr-o mișcare de la un capăt la celălalt al țevilor.

În cazul depunerilor de săruri din apă, cînd se formează o crustă dură pe pereții interiori ai răcitorului se va proceda la o curățire chimică (de obicei cu o soluție slabă de acid clorhidric).

Ventilatorul este defect. Fie că s-au rupt o parte din aripioarele ventilatorului, fie că acesta se rotește pe axul rotorului, trebuie de îndată reparat sau fixat corespunzător.

Tensiunea la bornele motorului este mai mică decît cea nominală și, ca urmare, motorul la puterea nominală absoarbe un curent mai mare decît cel nominal, în raport cu scăderea tensiunii. Pentru remedierea situației fie că se ridică tensiunea la valoarea nominală, fie că se micșorează sarcina motorului pînă cînd intensitatea curentului devine egală cu cea nominală.

Bobinajul statorului este conectat în triunghi și nu în stea. Se va conecta bobinajul statorului în stea, deoarece la funcționarea în stea, același motor absoarbe un curent mai mic: $I_{IX} = I_f$, iar la funcționarea în triunghi absoarbe un curent mai mare: $I_{IA} = \sqrt{3}I_f$. Din considerentele de mai sus

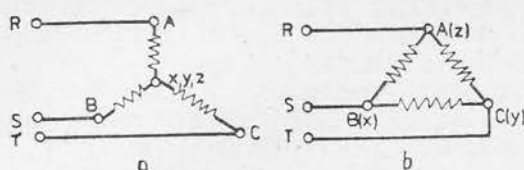


Fig. 18.8. Conexiuni statorice:
a — conexiune stea; b — conexiune triunghi; R, S, T — faze de alimentare.

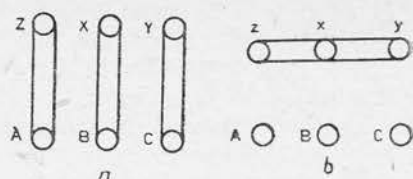


Fig. 18.9. Conexiuni ale motoarelor electrice:
a — conexiune triunghi; b — conexiune stea.

motoarele utilizabile pentru două tensiuni de linie (tensiuni înscrise pe plăcuța indicatoare) în raportul 1/1,73 trebuie legate în stea pentru tensiunea superioară și în triunghi pentru tensiunea inferioară (fig. 18.8).

Motoarele electrice de joasă tensiune au de obicei șase borne (începutul și sfârșitul fazelor A, B, C, x, y, z), realizându-se conexiunile ca în figura 18.9.

Motorul are o turație redusă. Acest lucru poate fi cauzat de scăderea tensiunii și frecvenței în rețea. Se va reduce sarcina pe motor pînă cînd se restabilește tensiunea și frecvența la valoarea nominală.

Se încălzesc lagărele mașinii. De cele mai multe ori încălzirea lagărelor motoarelor electrice (în general cu rulmenți) se datorește lipsei unei ungere corespunzătoare sau folosirii unei unsori nepotrivite.

Ungerea periodică a rulmenților se face fie cu ajutorul gresoarelor montate pe lagăre, fie cu ajutorul tecalementului.

Se demontează căpăcelele de pe presoare și se introduce unsoarea în capacul gresorului (capacitatea fiind de circa 30 g), iar prin înșurubarea capacului gresorului unsoarea ajunge la căile de rulare ale rulmentului. După aproximativ o oră se verifică din nou motoarele gresate, urmărindu-se eventualele schimbări în funcționarea motorului (încălzirea rulmentului, zgomote anormale etc.), iar dacă în funcționarea rulmenților motorului nu a intervenit nici o schimbare, se mai introduce circa 1/2 unsoare din capacitatea gresorului. Dacă se constată încălziri ale rulmentului se golește tava de scurgere de unsoare și se urmărește în continuare funcționarea motorului pentru eventuale intervenții.

Unsoarea folosită este de obicei de tipul RUL 100, iar uneori LiCa 3.

Unsurile pentru rulmenți se obțin prin dispersia de săpunuri de sodiu și de calciu ale acizilor grași în ulei mineral rafinat și se fabrică în tipurile din tabelul 18.8.

Tabelul 18.8

Unsurile de tip RUL conform STAS 1608-72

Tipul unsoării	Folosit pentru intervalul de temperatură:
RUL 100 Ca 3	-20°C...+ 65°C
RUL 145 Na 3	-20°C...+100°C
RUL 165 Na 4	-20°C...+120°C
RUL 165 Na 4	-20°C...+120°C
RUL S 140 Na Ca 3	-20°C...+80°C

Tabelul 18.9

Unsurile de tip Li-Ca, conform STAS 4951-68

Tipul unsoării	Utilizat în intervalul de temperatură
UM 165 Li-Ca 1	-30°C...+100°C
UM 170 Li-Ca 2	-30°C...+110°C
UM 175 Li-Ca 3	-30°C...+120°C

Unsurile de tipul LiCa se obțin prin dispensia săpunurilor mixte de litiu-calcium în ulei mineral naftenic. Unsurile LiCa se utilizează la ungerea lagărelor cu alunecare și rostogolire, precum și la alte locuri de ungere după prescripții.

Aceste unsori se fabrică în timpurile din tabelul 18.9.

În cataloagele Ministerului Industriei Chimice sînt date și alte tipuri de uleiuri și unsori consistente pentru ungere cu caracteristicile lor tehnice, precum și utilajele la care sînt indicate a fi folosite.

Ungerea motoarelor de puteri mici se face de obicei o dată cu revizia motorului, prin desfacerea capacelor și introducerea unsorii în locul elementelor de rotire ale rulmentului (bile, role etc.). Operația se execută de circa două ori pe an.

La motoarele de puteri mai mari, pe capacele motoarelor sînt prevăzute locașuri pentru gresare, iar operația de gresare se face fie cu ajutorul unui gresor montat pe capac (fig. 18.10), fie cu ajutorul tecaletului, cam o dată pe lună.

De la gresor unsoarea trece printr-o țevă montată în corpul capacului motorului și ajunge într-o țesătură practică transversal în capac, pentru a permite împingerea unsorii de o parte și alta a rulmentului pînă la elementele de rotire ale rulmentului. Capacul gresorului se înșurubează pe corpul gresorului și împinge unsoarea spre rulment. În cazul tecaletului, țeava din capacul motorului poate fi prevăzută cu o bilă care astupă orificiul spre exterior sub influența forței unui resort montat în țevă în partea dinspre rulment. Pe perioada cît din tecalet se împinge unsoarea, presiunea acesteia face ca bila metalică să apese asupra resortului și să permită intrarea unsorii din corpul tecaletului.

Tecaletul are un cilindru care se umple cu unsoare, iar presiunea necesară împingerii ei în locul rulmentului se realizează cu o pompă acționată manual prin strîngerea unui mîner către corpul tecaletului; mișcare asemănătoare celei ce se imprimă unui foarfece obișnuit. Pompa se află la capătul mînerului și este articulată cu acesta printr-un mecanism special.

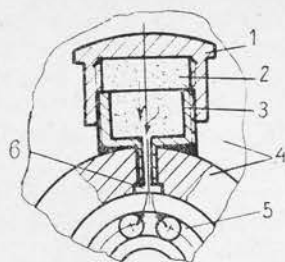


Fig. 18.10. Secțiune printr-un gresor:

1 — capacul gresorului; 2 — unsoare; 3 — corpul gresorului; 4 — corpul motorului; 5 — rulment; 6 — locaș transversal.

18.2.8. ZGOMOTE ȘI VIBRAȚII ALE MAȘINILOR ELECTRICE

În timpul funcționării mașinilor electrice pot apărea diferite zgomote suspecte sau vibrații inadmisibile ale anumitor părți ale mașinii. Personalul de deservire va urmări în fiecare schimb dacă apar astfel de situații și va lua măsuri de îndepărtare a cauzelor care le generează, iar dacă nu este posibil va anunța șefii ierarhici și va proceda la eventuala oprire a utilajului pentru intervenție și reparație.

De obicei, atît zgomotele, cît și vibrațiile care apar mai frecvent în exploatare sînt generate de o ungere insuficientă și de defectarea rulmenților, lagărelor, iar la utilajele acționate prin transmisie cu cerele sau prin roți dințate, datorită defectării acestor organe de transmisie.

Adeseori, pentru combaterea transmiterii vibrațiilor și zgomotelor, mașinile electrice se montează pe fundație sau pe suport prin intermediul unor dispozitive amortizoare. Se deosebesc:

- *amortizoare masice*, la care se utilizează proprietățile elastice ale unor materiale ca pîslă, plută expandată, cauciuc, cauciuc cu inserții metalice etc.;

- *amortizoare arcuite*, la care elasticitatea necesară se realizează printr-o formă corespunzătoare a pieselor de fixare sau prin utilizarea unor arcuri.

Amortizoarele arcuite dau rezultatele cele mai bune la combaterea vibrațiilor de frecvență joasă, iar amortizoarele masice corespund pentru combaterea vibrațiilor cu frecvențe mai înalte.

18.3. REPARAREA MAȘINILOR ELECTRICE

Lucrările de reparații la mașinile electrice se fac fie preventiv, la intervale bine conturate, fie ca urmare a unor defecțiuni mai mari care au scos din funcțiune utilajul.

Spre deosebire de lucrările de întreținere, cu ocazia efectuării lucrărilor de reparații R_c , R_k , utilajul electromecanic se scoate din funcțiune, iar volumul operațiilor ce se efectuează și timpul este mult mai mare (cîteva zile sau săptămîni). Este indicat ca opririle pentru executarea lucrărilor de reparații pentru mașinile electrice să se facă cu oprirea planificată a utilajului acționat.

Lucrările de reparații se fac cu sau fără demontarea mașinii electrice, în funcție de natura reparației planificate: R_f , R_{c1} , R_{c2} sau R_k .

Reparațiile fără demontarea mașinii cuprind următoarele operații:

- se va controla cutia de borne, respectiv placa de borne, izolatoarele de la bornele mașinii și contactele între bornele și cablul de legătură la mașină. Izolatoarele și placa de borne se vor curăța de praf și se va urmări dacă nu sînt fisuri pe suprafața izolatoarelor sau carbonizări pe placa de borne, care ar putea conduce la conturnări sau chiar scurtcircuitate între faze. Papucii deteriorați se vor înlocui și se vor strînge bine piulițele pentru a se realiza un contact cît mai bun la legătura cablului la bornele mașinii;

- se vor curăța canalele de ventilație în părțile accesibile;

- se va controla instalația de legare la pămînt a mașinii, precum și buloanele de fundație și se vor aduce în stare corespunzătoare, dacă au fost găsite în neregulă;

- la mașinile cu colectoare și inele, se va controla starea periilor și portperiilor și se vor înlocui periile uzate. Se vor curăța de praf inelele și colectoarele, iar dacă este necesar se vor îndepărta diferitele pete care apar pe acestea;

- se va curăța în exterior carcasa mașinii;

- o dată cu revizia mașinii se repară în mod curent și aparatajul de comutare și pornire aferent mașinii. Contactele se curăță de perlări și murdărie, iar cele defecte se vor înlocui cu altele noi sau recondiționate.

Reparațiile cu demontarea mașinii cuprind în mod absolut necesar și scoaterea rotorului din mașină fie la fața locului de montaj, fie în ateliere.

În cadrul reparațiilor capitale, pe lângă lucrările normale se pot executa o serie de lucrări de specialitate deosebite, cum ar fi rebobinarea mașinilor, repararea miezurilor, echilibrarea rotoarelor etc.

Înainte de demontarea rotorului se măsoară întrefierul mașinii și jocurile la lagăre, pentru a se compara cu cele ce apar după repararea mașinii.

Demontarea mașinii comportă următoarele operații, în vederea posibilității scoaterii rotorului și pentru efectuarea propriu-zisă a reparației mașinii:

— demontarea capacului cutiei de borne, în vederea dezlegării cablului de alimentare și scurtcircuitarea acestuia, pentru asigurarea condițiilor de lucru fără pericol;

- dezlegarea centurii de pământare de la mașină;
- desfacerea șuruburilor de prindere a mașinii pe fundație;
- scoaterea cuplei (semicupla de pe mașina electrică);
- demontarea scuturilor și capacelor mașinii;
- controlul și scoaterea rulmenților;
- scoaterea rotorului;
- demontarea răcitorilor (la mașinile prevăzute cu răcitori) etc.

18.3.1. DEMONTAREA CUPLELOR

Demontarea cuplelor se va face cu ajutorul extractoarelor de cuplă și nicidecum prin loviri cu corpuri grele. În prealabil se încălzește semicupla care se extrage, dacă este necesar, cu ajutorul flăcării de la un aparat de sudură autogenă. În felul acesta extracția va fi ușoară și se evită degradarea rulmenților și a altor părți componente ale mașinii.

Extractorul de cuplă este constituit principial din trei brațe prevăzute cu gheare la capăt, care sînt așezate la 120° , față de o piesă filetată, care prin rotire asigură transmiterea forțelor de extracție asupra cuplei (fig. 18.11).

18.3.2. DEMONTAREA RULMENȚILOR

Demontarea rulmenților se face folosindu-se dispozitive similare celor pentru extracția cuplelor, construite la mărimi adecvate dimensiunilor rulmenților. Pentru extragerea rulmenților de pe arbore este absolut necesar ca brațele dispozitivului să acționeze asupra inelului interior al rulmentului cu bile sau cu role butoi ori cilindrice (fig. 18.12).

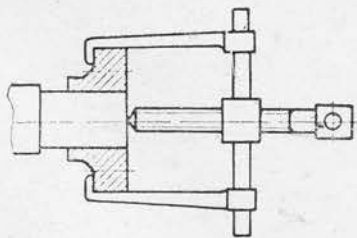


Fig. 18.11. Dispozitiv pentru extracția cuplelor.

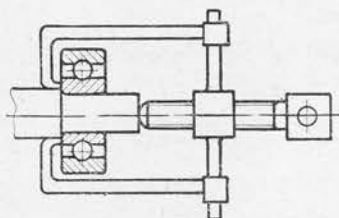


Fig. 18.12. Dispozitiv pentru extracția rulmenților.

Se va avea în vedere faptul că la montarea rulmenților pe arbore, aceștia s-au introdus pe fus după o prealabilă încălzire într-o baie cu ulei la temperatura de 50—60 K peste temperatura mediului ambiant, aceasta pentru a se realiza un ajustaj cu strângere. Introducerea rulmentului, respectiv a inelului exterior în capac trebuie să se facă cu o strângere nulă sau puțin peste zero, deoarece inelul exterior nu este supus rotirii, în el rostogolindu-se doar căile de rulare.

Se va avea o deosebită grijă față de jocul necesar care trebuie lăsat între role și inel, mai cu seamă după ce inelul interior introdus prin strângere pe arbore anulează parțial sau total acest joc, în funcție de ajustajul realizat față de arbore. De aceea, alegerea rulmenților, a jocurilor între bile și inelul exterior, precum și a stringerilor față de arbore și capac este o problemă foarte importantă în vederea asigurării bunei funcționări a rulmentului. O necorelare a ajustajelor necesare la montarea rulmenților poate atrage după sine fie griparea rulmentului, fie rotirea lui pe arbore, avînd drept consecințe, de cele mai multe ori deteriorarea fusului de arbore. Remedierea fusului de arbore comportă operații destul de greoaie care constau în încărcarea fusului cu sudură și strunjirea lui la cote foarte precise, iar în unele cazuri este necesară și o operație de tratare termică a fusului.

Jocul radial este un indice specific pentru construcția rulmentului. Prin joc radial înțelegem în general posibilitatea de deplasare a inelelor unul față de altul în plan radial. La rulmenții de execuție normală, jocul radial se stabilește în așa fel, încît unul dintre inele să se poată monta întotdeauna cu un ajustaj strîns, ceea ce este suficient pentru majoritatea cazurilor de funcționare din practică. Jocul radial se lasă 20—60.

Pentru motoare electrice, arbori principali de mașini-unelte, reductoare grele, cutii de viteze pentru automobile și tractoare, toleranțele arborilor pe care se montează rulmenții radiali și radial-axiali cu bile sau cu role cu alezaj cilindric sînt: j 5, k 5, m 5, m 6, n 5, n 6, iar pentru motoarele electrice mai mari de 100 kW, pentru osiile vagoanelor de cale ferată și tramvaie, roțile de rulare ale podurilor rulante sînt: n 6, p 6, r 7. Toleranțele alezajelor carcaselor în care se montează rulmenți radiali și radial-axiali cu bile sau role sînt: H 6, H 7, H 8, pentru electromotoare, lagărele la osiile vagoanelor de cale ferată și tramvaie, J 6 și J 7, la rulmenții de la arborii mașinilor-unelte, la pompele centrifuge și ventilatoare, K 6, M 6, P 7 la rulmenții arborilor principali ai mașinilor-unelte grele de alezat, de frezat.

În tabelul 18.10 sînt date abaterile arborilor, iar în tabelul 18.11 ale alezajelor, în scopul corelării cu inelele rulmenților pentru cazurile impuse la montare: cu presare, blocat, forțat, aderent, cu frecare, alunecător etc.

Pentru o funcționare ireproșabilă a rulmenților este necesar ca la montarea rulmenților să se aibă în vedere:

- abaterile admisibile de formă și poziție ale suprafețelor de așezare;

- calitatea suprafețelor de montaj (rugozitate) de pe ax și din carcasă.

În general, cu ajustaj strîns se montează inelul care se rotește. În cazurile normale acesta este inelul interior.

Abaterile arborilor, în μm

Diametrul nominal al arborelui, mm	Presat		Blocat		Forțat		Aderent		Cu frecare		Alunecător	
	r6		n6		m6		k5		j6		h5	
	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.
3—6	+23	+15	+16	+8	+13	+5	+6	+1	+4	—4	0	—5
6—10	+28	+18	+20	+10	+16	+6	+8	+2	+5	—5	0	—6
10—18	+34	+22	+24	+12	+19	+7	+10	+2	+6	—6	0	—8
18—30	+42	+28	+30	+15	+23	+8	+12	+2	+7	—7	0	—9
30—50	+52	+35	+35	+18	+27	+9	+14	+2	+8	—8	0	—11
50—80	+62	+45	+40	+20	+30	+10	+16	+3	+10	—10	0	—13
80—100	+85	+60										
100—120	+95	+70	+45	+23	+35	+12	+19	+3	+12	—12	0	—15
120—150												
150—180	+140	+80	+52	+25	+30	+13	+22	+4	+14	—14	0	—18
180—220	+145	+115										
220—260	+165	+135	+60	+40	+45	+15	+25	+4	+16	—16	0	—20
260—310	+195	+160										
310—360	+220	+185	+70	+35	+50	+15	+28	+4	+18	—18	0	—22
360—440	+260	+220										
440—500	+300	+260	+80	+40	+60	+20	+32	+5	+20	—20	0	—24

O abatere de la forma rotundă a suprafețelor de montaj de pe arbore se va transmite inelului interior, care se va deforma și va transmite aceasta ca formă și mărime și căii de rulare a inelului. Abaterile de formă care se pot transmite de la arbore la calea de rulare a inelelor sînt: poligonalitya, conicitatea și ovalitatea.

Aceasta este valabilă și pentru inelele exterioare, care se montează cu ajustaj strîns în carcasă. Dacă aceste abateri de formă depășesc anumite valori, atunci deteriorarea prematură a rulmentului este inevitabilă. În tabelul 18.12 sînt indicate valorile admisibile pentru aceste abateri.

Abaterile alezajelor, în μm

Diametrul nominal al alezajului mm	Presat		Blocat		Forțat		Aderent		Cu frecare		Alunecător	
	P7		N7		M7		K7		J6		H7	
	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.
10—18	—29	—11	—24	—4	—19	0	—14	+5	—5	+7	0	+19
18—30	—35	—14	—30	—6	—23	0	—17	+6	—6	+8	0	+23
30—50	—42	—17	—35	—7	—27	0	—20	+7	—7	+9	0	+27
50—80	—51	—21	—40	—8	—30	0	—23	+8	—8	+10	0	+30
80—120	—59	—24	—45	—10	—35	0	—26	+9	—9	+12	0	+35
120—180	—68	—28	—52	—12	—40	0	—30	+10	—10	+14	0	+40
180—260	—79	—33	—60	—15	—45	0	—35	+11	—11	+16	0	+45
260—380	—98	—36	—70	—18	—50	0	—40	+12	—13	+18	0	+50
360—500	—108	—45	—80	—20	—60	0	—45	+15	—15	+20	0	+60

Tabelul 18.12

Abateri de formă ale suprafețelor de montaj ale arborilor și carcaselor în care se montează rulmenți cu bile sau cu role

Diametrul suprafețelor de montaj (arborile sau alezajul carcasei) mm		Arbore				Alezaj			
		Clasa de precizie a rulmentului							
		P0	P6	P5	P4	P0	P6	P5	P4
Peste	Pină la	ovalitate sau conicitate în μm max.							
—	6	4	2,4	1,6	1	6	4	2,4	1,6
6	18	6	4	2,4	1,6	10	6	4	2,4
18	50	8	5	3,2	2	12	8	5	3,2
50	120	10	6	4	2,4	16	10	6	4
120	260	20	12	8	5	32	20	12	8
260	500	24	16	10	—	40	24	16	10
500	800	32	20	—	—	50	32	20	—
800	1 000	40	24	—	—	60	40	—	—

Simbolurile pentru clasele de precizie ale rulmenților sînt:

P0 — clasa de precizie cu toleranțe considerate normale;

P6 — clasa de precizie cu toleranțe mai strînse decît cele normale;

P5 — clasa de precizie cu toleranțe mai strînse decît cele din clasa P6;

P4 — clasa de precizie cu toleranțe mai strînse decît cele din clasa P5.

Suprafețele de montaj ale pieselor conjugate rulmenților trebuie să aibă o calitate aleasă în mod corespunzător valorilor din tabelul 18.13. Aceste suprafețe sînt: locul de așezare a inelului interior pe arbore, locul de așezare a inelului exterior în carcasă și suprafețele laterale care sînt în contact cu suprafețele laterale ale rulmentului.

Rugozitatea suprafețelor de montaj de pe arbori și din carcase

Suprafețele de montaj ale:	Clasele de precizie ale rulmenților	Diametrul interior, mm	
		pînă la 80	de la 80 la 500
		Rugozitatea, în μm	
arborilor	P 0 și P 6	max. 6,3	max. 10
	P 5	max. 3,2	max. 6,3
	P 4	max. 1,6	max. 3,2
alezajelor carcaselor	P 0 și P 6	max. 6,3	max. 10
	P 5 și P 4	max. 3,2	max. 6,3
fețelor frontale ale umerilor arborilor și carcaselor	P 0, P 6	max. 10	max. 10
	P 5, P 4	max. 6,3	max. 10

În general, aceste suprafețe trebuie să fie rectificate sau strunjite foarte fin. Alegerea rulmenților se face prin indicarea seriei rulmentului și simbolului grupei jocurilor radiale (tabelul 18.14). Exemplu: NU 325 C₃ sau 6314 C₃.

De precizat că jocul radial normal nu se simbolizează.

În tabelul 18.15 sînt date jocurile radiale pentru rulmenți radiali cu bile pe un rînd, iar în tabelele 18.16 și 18.17 jocurile pentru rulmenții cu role.

Tabelul 18.14

Tipuri de jocuri radiale și simbolizarea lor

Simbolul	Semnificația simbolului
C ₁	Joc radial mai mic decît C 2
C ₂	Joc radial mai mic decît cel normal
—	Joc radial normal
C ₃	Joc radial mai mare decît cel normal
C ₄	Joc radial mai mare decît C 3
C ₅	Joc radial mai mare decît C 4

Dimensiuni de diametre și jocurile radiale ale rulmenților cu alezaj cilindric

Diametrul interior nominal mm		Jocul radial, în μm , al rulmenților cu alezaj cilindric							
		C 2		normal		C 3		C 4	
peste	pînă la	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
2,5	10	0	7	2	13	8	23	—	—
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84
100	120	2	20	15	48	36	66	61	97
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163
200	225	2	35	30	80	73	130	120	180
225	250	2	40	34	90	82	145	135	193
250	280	3	45	39	100	92	160	150	215
280	315	3	50	44	110	100	170	160	235
315	355	3	55	47	120	110	185	175	250
355	400	3	60	50	130	120	205	195	280

18.3.3. SCOATEREA ROTORULUI

Scoaterea rotorului este o operație delicată, care trebuie executată cu mare atenție, pentru a nu se deteriora atît rotorul, cît și bobinajul și tolele statorului. Se va avea grijă ca deplasarea rotorului să se facă lent, fără șocuri, iar cablurile folosite la scoaterea rotorului nu trebuie să se fixeze direct pe fusul arborelui, pe ventilatoare, pe inelele de contact și nu trebuie să atingă părțile frontale ale bobinajului (fig. 18.13 și 18.14).

Scoaterea rotorului se poate efectua în două moduri: scoaterea fără cărucior, cu sau fără prelungitor, și scoaterea cu cărucior.

La motoarele de puteri mici scoaterea rotorului se face manual, iar la cele grele rotorul se scoate cu ajutorul macaralelor sau cu ajutorul vinciurilor.

Scoaterea rotorului cu ajutorul prelungitorului. După ce cele două capete ale rotorului au fost suspendate în macara, cu ajutorul unui vinci se împinge încet rotorul pînă cînd cablul de ridicare a ajuns la marginea statorului. Apoi se pune sub rotor o grindă de lemn și se montează prelungitorul și cu ajutorul macaralei se continuă scoaterea. După ce roto-

Tabelul 18.16

Jocurile rulmenților radiali cu role cilindrice pe un singur rând, pe două rânduri și pe ace cu elemente interschimbabile

Diametrul interior nominal, mm		Jocul radial, în μm , al rulmenților cu alezaj cilindric					
		C 2		normal		C 3	
peste	pină la	min.	max.	min.	max.	min.	max.
14	18	0	30	10	40	25	55
18	24	0	30	10	40	25	55
24	30	0	30	10	45	30	65
30	40	0	35	15	50	35	70
40	50	5	40	20	55	40	75
50	65	5	45	20	65	45	90
65	80	5	55	25	75	55	105
80	100	10	60	30	80	65	115
100	120	10	65	35	90	80	135
120	140	10	75	40	105	90	155
140	160	15	80	50	115	100	165
160	180	20	85	60	125	110	175
180	200	25	95	65	135	125	195
200	225	30	105	75	150	140	215
225	250	40	115	90	165	155	230
250	280	45	125	100	180	175	255
280	315	50	135	110	195	185	280
315	355	55	145	125	215	215	305
355	400	65	160	140	235	245	340

Tabelul 18.17

Jocurile rulmenților radiali-oscilanți cu role de tip butoi pe două rânduri

Diametrul interior nominal, mm		Jocul radial, în μm , al rulmenților cu alezaj cilindric					
		C 2		normal		C 3	
peste	pină la	min.	max.	min.	max.	min.	max.
14	24	10	20	25	35	35	45
24	30	15	25	25	40	45	55
30	40	15	30	30	45	45	60
40	50	20	35	35	55	55	75
50	65	20	40	40	65	65	90
65	80	30	50	50	80	80	110
80	100	35	60	60	100	100	135
100	120	40	75	75	120	120	160
120	140	50	95	95	145	145	190
140	160	60	110	110	170	170	220
160	180	65	120	120	180	180	240
180	200	70	130	130	200	200	260
200	225	80	140	140	220	220	290
225	250	90	150	150	240	240	320
250	280	100	170	170	260	260	350
280	315	110	190	190	280	280	370
315	355	120	200	200	310	310	410
355	400	130	220	220	340	340	450
400	450	140	240	240	370	370	500
450	500	140	260	260	410	410	550

rul a fost scos aproximativ pe jumătate din stator, se suspendă cu macaraua (poziția b) și se scoate în întregime din stator.

La prinderea funiei peste rotor se vor interpune între aceasta și rotor, mai multe bucăți de scindură de lemn, pentru a nu fi afectat miezul rotorului sub influența propriei sale greutate.

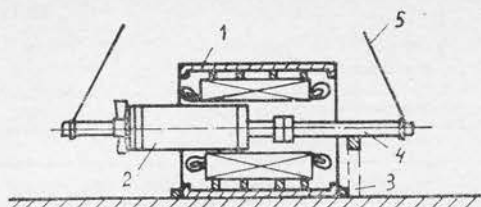


Fig. 18.13. Scoaterea rotorului din interiorul statorului, susținut la ambele capete cu ajutorul unui prelungitor:

1 — stator; 2 — rotor; 3 — suport; 4 — prelungitor; 5 — funie de oțel (gașă).

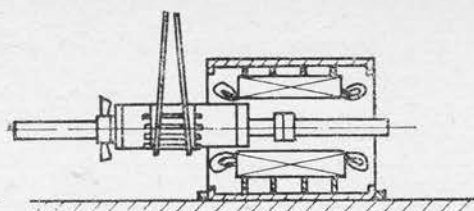


Fig. 18.14. Rotor extras din interiorul statorului unei mașini electrice, susținut la mijlocul acestuia.

În cazul scoaterii rotorului cu ajutorul căruciorului (metodă ce se aplică de obicei la generatoarele de puteri mari), acesta se montează sub capătul liber al rotorului, iar la celălalt capăt se prinde funia de oțel (gașa), precum și un alt cărucior care va rula pe partea interioară a statorului. Când funia de oțel ajunge la marginea statorului se prinde rotorul într-un singur loc (aproximativ la jumătate), iar cu ajutorul macaralei se scoate complet din stator.

Scoaterea rotorului din stator poate fi efectuată și prin folosirea în loc de cărucior mare, a unor vergele cilindrice pe care alunecă lagărul mașinii, iar la celălalt capăt se poate folosi prelungitorul.

După ce mașina electrică a fost demontată se va face un contralămănțit asupra tuturor părților ei și se vor efectua reparațiile ce se impun.

Controlul părților frontale ale bobinajului statorului. Cu această ocazie se va urmări starea izolației bobinajului statoric. Umflăturile locale, încrețiturile sau bășicile de aer, crăpăturile stratului de lac indică punctele slabe ale izolației, care se vor remedia prin întărirea stratului de izolație la locul respectiv și lăcuirea capetelor de bobine.

Piese de distanțare confecționate din lemn și așezate în părțile frontale ale bobinajului, în special la generatoare, trebuie să nu se deplaseze la lovituri ușoare. De asemenea penele din creștături trebuie să fie bine fixate și să nu se deplaseze la lovituri ușoare. Capetele bobinajului se vor încerca dacă sînt bine fixate, pentru a rezista forțelor electrodinamice, în special în cazuri de scurtcircuitate.

Dacă se constată că părțile frontale sînt acoperite cu funingine și ulei, se curăță cu cirpe curate puțin muiate în benzină. Totodată se cercetează cauza apariției funinginii și uleiului și se vor lua măsuri ca aceste murdării să nu se mai depună pe bobinaj. Bobinajele acoperite cu praf uscat se curăță prin suflare cu aer comprimat sau cu un aspirator. Presiunea aerului comprimat trebuie să nu depășească 2—3 at. Aerul comprimat trebuie să fie perfect curat, iar suflarea se va face folosindu-se tuburi de cauciuc și nici de cum tuburi metalice, pentru a nu lovi izolația bobinelor (mai cu seamă atunci cînd tubul poate fi scăpat din mînă).

Verificarea bobinajelor și inelelor de scurtcircuitare ale conductoarelor rotorului. Bandajele de sîrmă trebuie să fie întinse în mod uniform, iar spirele să se lege strîns una de alta.

În cazul rotoarelor cu barele scurtcircuitate, adesea în cazul eforturilor foarte mari se produc desprinderi ale capetelor de bare din inelul de scurtcircuitare. Remedierea se face prin curățirea locului de deslipire și

efectuarea prinderii barei prin sudură autogenă, folosindu-se ca material de sudură de adaos, aliajul de cupru-argint sau cupru fosfor (aliaje tari).*

Controlul stării ventilatoarelor fixate pe axul rotorului și a paletelor ventilatorului. Dacă paletele prezintă crăpături sau sînt rupte se vor face remedierile necesare sau se va înlocui ventilatorul, întrucît altfel va produce vibrații ale mașinii, iar eficiența răcirii scade mult cînd paletele sînt rupte.

Controlul stării inelelor, colectoarelor, periilor și portperiilor mașinii. Inelele și colectoarele trebuie să fie perfect cilindrice și să aibă suprafețele netede și lustruite. Se controlează presiunea asupra periilor și se reglează la valoarea prescrisă. Periile uzate se înlocuiesc. Inelele sau colectoarele care prezintă zgîrieturi, pete, uzură inelară, ovalitate se vor strungi și șlefui pentru aducere la o stare perfectă, în vederea realizării unei comutații ireproșabile.

Controlul și repararea miezului statorului. Miezul magnetic se cercetează în mod atent dacă nu prezintă urme de încălzire și dacă tobele sînt bine presate. În cazul existenței în miezul de fier a unor locuri în care fierul s-a topit datorită arcurilor electrice sau încălzirilor locale, se procedează la efectuarea de reparații locale. Ideal ar fi înlocuirea tolelor defecte cu altele noi, însă operația este foarte grea și ar necesita desfacerea completă a statorului. În această situație, în funcție de natura defectului se vor executa reparații locale. Reparația se face prin curățirea zonei topite, îndepărtarea întregului material topit, iar izolația dintre foi se reface prin așezarea unor foi de mică între tolele de oțel, pe o adîncime de 10—15 mm și printr-o lăcuire a locului respectiv.

18.3.4. REBOBINAREA MAȘINILOR ELECTRICE

Repararea bobinajelor reprezintă lucrări specifice ale mașinilor electrice în complexul de lucrări care se execută în cadrul reparațiilor capitale.

Rebobinarea mașinilor electrice este impusă de următoarele scurtcircuite posibile: între spirele unei bobine, între bobine sau între grupele de bobine ale unei faze, între bobinele diferitelor faze. Partea de bobinaj scurtcircuitată se poate depista imediat după aspectul său exterior, adică după izolația arsă, sau după valoarea rezistenței chimice măsurată în curent alternativ cu puntea sau în curent continuu după metoda ampermetru — voltmetru; faza cu scurtcircuit va avea rezistența mai mică. Dacă nu se pot desface fazele se măsoară cele trei rezistențe între faze (fig. 18.15).

În cazul conectării fazelor în stea, valoarea cea mai mare a rezistenței o va avea rezistența măsurată între capetele fazelor care nu au scurtcircuit; celelalte două rezistențe vor fi egale între ele și mai mici decît prima. La conectarea fazelor în triunghiuri, rezistența cea mai mică se va obține la capetele fazei defecte; celelalte două rezistențe vor fi egale între ele și mai mari decît prima.

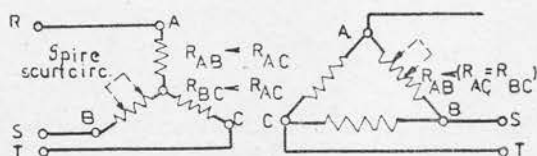


Fig. 18.15. Schemă de verificare a scurtcircuitelor între spire la mașini electrice.

Lucrările de reparare a bobinajelor motoarelor se execută cu respectarea tehnologiei de specialitate. Înainte de a se începe lucrările de demontare a bobinajelor vechi se va întocmi schema de bobinaj și se vor nota toate datele necesare pentru ca bobinajul refăcut să fie identic cu cel vechi. Datele necesare pentru rebobinarea motoarelor de curent alternativ, care trebuie notate, sînt:

- numărul de creștături pe pol și fază;
- numărul de grupuri de bobine pe fază;
- pasul bobinajului;
- numărul spirelor în bobine;
- secțiunea conductorului bobinei, tipul conductorului;
- dimensiunile bobinei scoase și a penelor din creștătură, distanța de la părțile frontale ale bobinajului pînă la părțile metalice ale mașinii etc.

Scoaterea bobinajului vechi se va face cu atenție și fără a se forța bobinele. Pentru a se scoate mai ușor bobinajul existent, acesta se va încălzi în prealabil pînă la temperatura de 80—90 °C, pentru a se înmuia izolația.

Pe baza datelor culese de la motorul ce urmează a se rebobina se poate ridica schema înfășurării, după care se va executa bobinarea propriu-zisă.

Să arătăm un caz obișnuit pentru o înfășurare trifazată într-un singur strat (fig. 18.16):

$m=3$ — numărul de faze;

$q=2$ — numărul de creștături pe poli și fază;

$p=2$ — numărul perechilor de poli;

$N_c=24$ — numărul de creștături,

$$N_c = 2 p q m.$$

De-a lungul periferiei mașinii putem avea mai multe creștături în poziții anologice față de cîmpul magnetic, numărul lor este dat de c.m.m.d.c. între N_c și p ; deci pentru cazul de mai sus:

$$t = 2.$$

Aceasta înseamnă că în steaua tensiunilor electromotoare, două cîte două raze ale tensiunilor electromotoare se vor suprapune. Deci steaua tensiunilor electromotoare va avea 12 raze distincte, conform figurii 18.17.

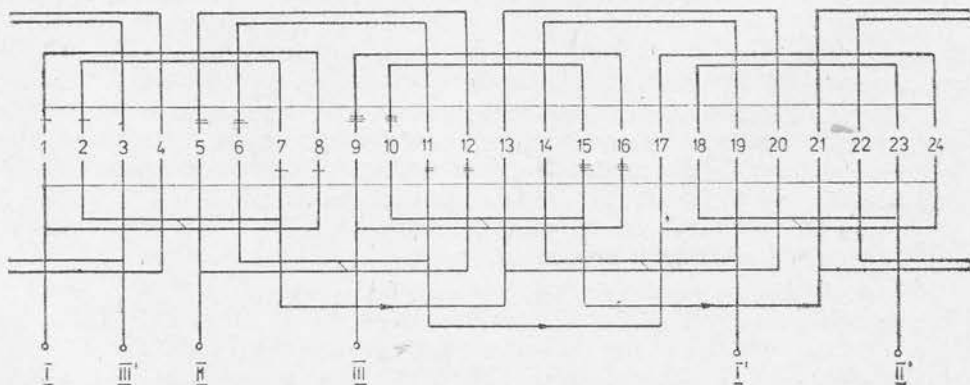


Fig. 18.16. Schema unei înfășurări trifazate, în două etaje, aferentă unei mașini electrice ($N_c=24$, $p=2$, $q=2$, $m=3$).

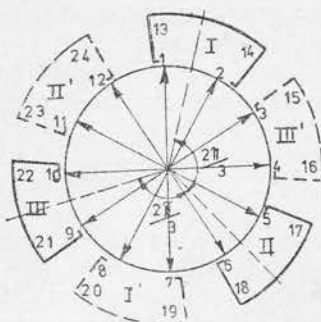


Fig. 18.17. Schema fazorială în stea a tensiunilor electromotoare aferentă unei mașini electrice.

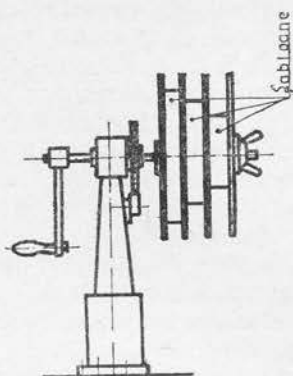


Fig. 18.18. Dispozitiv cu acționare manuală pentru confecționarea bobinelor pe șabloane

Prin alegerea a două grupe de raze suprapuse consecutive și formarea celui de-al doilea și respectiv celui de-al treilea grup defazate cu câte 120° față de rezultanta grupului anterior, precum și prin alegerea grupurilor în opoziție (punctate), rezultă schema desfășurată a înfășurării, ridicată pe baza stelei tensiunilor electromotoare, corespunzătoare motorului ales.

În timpul bobinării, cu dispozitivul din fig. 18.18 după introducerea a 10—15 conductoare în creștătură, este indicat să se preseze conductoarele ca în figura 18.19, *a* cu o sculă specială, denumită *călcător* (fig. 18.19, *b*).

Executarea bobinelor se face de obicei pe șabloane. La bobinele de joasă tensiune conductoarele sînt izolate cu email sau cu bumbac, iar pentru conductoarele mai groase se utilizează pînză de bumbac, jaconet (cu grosimea de circa 0,16 mm și lățimea de 2 cm).

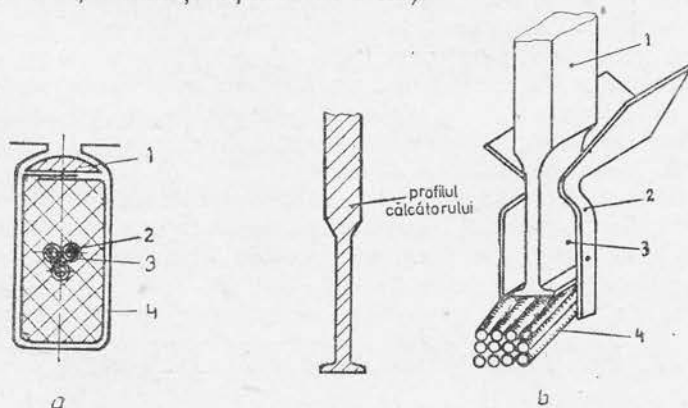


Fig. 18.19. Sistem de montare în creștături a înfășurărilor cu conductoare rotunde ale mașinilor electrice de joasă tensiune:

a — mod de dispunere în creștături a înfășurărilor (1 — pană de lemn; 2 — conductor; 3 — izolație conductorului; 4 — carton electrotehnic); *b* — vedere care relevă modul de presare al spirelor înfășurării (1 — călcător; 2 — izolație; 3 — creștătură; 4 — conductoare).

În majoritatea cazurilor drept izolație a creștăturii servește cartonul electrotehnic (preșpanul), cu grosimea în jur de 0,2—0,5 mm. Bobinajul se introduce în creștătură (ancoșă) prin istmul creștăturii, iar apoi cu ajutorul penelor din lemn sau textolit se închide creștătura.

Conductoarele pentru tensiuni mai mari (peste 3 000 V) se izolează de obicei cu materiale pe bază de mică și azbest, impregnate în lac, iar apoi se plasează în creștături. Izolația creștăturii, în aceste cazuri se face cu ajutorul unor teci de izolare trase peste conductoarele bobinajului.

De obicei durata de viață a unei mașini este determinată de durata de viață a izolației înfășurărilor ei.

Între capetele de bobine se montează niște segmente de cerc din preșpan, pentru izolare suplimentară între bobinele aparținând aceleiași faze sau mai ales cele aparținând fazelor diferite.

Capetele de bobine se consolidează prin legături strânse între ele, realizate cu șnur din bumbac (șiret) de 4 la 10 mm. În prealabil s-au executat legăturile între bobinele aceleiași faze și anume sfârșit cu început, sfârșit cu început ș.a.m.d. Conexiunile între bobinele aceleiași faze se pot realiza fie prin lipire, fie prin sudare electrică.

Izolația bobinelor, după ce mașina a fost rebobinată, se supune operației de impregnare, acoperire sau compundare, iar apoi se face uscarea.

În urma impregnării, acoperirii sau compundării, lacul electroizolant (de obicei de tip bachelitic) respectiv compundurile bituminoase umplu interstițiile și golurile de aer dintre bobine și înfășurări. Lacurile și compunderile electroizolante utilizate în acest scop au caracteristici electrice, mecanice și termice net superioare față de cele ale aerului, împiedicând totodată acțiunea nocivă a agenților chimici asupra materialelor electroizolante fibroase, pătrunderea umezelii în înfășurări și apariția îmbătrânirii premature a izolației.

Impregnarea se poate realiza prin două procedee principale:

- impregnarea prin cufundarea obiectului într-o baie de lac la presiunea atmosferică; procedeul se numește și *impregnare prin imersiune*;
- impregnarea în autoclavă în vid.

Calitatea impregnării depinde de gradul în care a pătruns lacul în porii și canalele materialului izolant deci de numărul de bule de aer rămase în materialul izolant după impregnare.

După impregnare obiectele sînt supuse unui proces de *uscare*.

Acoperirea înfășurărilor se face cu o peliculă de lac de acoperire realizată prin pulverizare, aplicare cu pensula sau printr-o cufundare de scurtă durată (10—15 s pînă la 2—3 min).

Lacurile de acoperire recomandate sînt lacurile asfalto-uileoase, precum și emailurile pigmentate. După acoperire, urmează o *uscare* timp de 3 pînă la 12 h, în funcție de tipul lacului și de faptul dacă uscarea se face în mediul ambiant sau în cuptor (la 100—110°C).

18.3.5. INCERCĂRILE MAȘINILOR ELECTRICE

După terminarea reparațiilor la mașinile electrice se fac mai multe încercări și măsurări, dintre care mai importante sînt:

- măsurarea rezistențelor tuturor bobinajelor;
- măsurarea rezistențelor de izolație a tuturor bobinajelor;
- determinarea umidității izolației bobinajului;
- măsurarea întrefierului ș.a.

Măsurarea rezistenței bobinajelor. Rezistența se măsoară prin metoda ampermetrului și voltmetrului, cu ajutorul punții simple sau duble. Efectuarea măsurării se face asupra mașinii în stare rece. Valorile rezistențelor măsurate se compară cu rezultatele măsurărilor anterioare și nu trebuie să difere cu mai mult de 2%.

Măsurarea rezistențelor de izolație. Rezistențele de izolație a mașinilor electrice se măsoară cu megohmmetrul de 1 000 V, pentru motoarele de joasă tensiune și cu megohmmetrul de 2 500 V, pentru motoarele care au tensiunea de serviciu peste 1 000 V. Măsurarea rezistenței de izolației se face atât între faze, cât și între fiecare fază și masă.

Valoarea rezistenței de izolație măsurate se compară cu valoarea avută anterior, sau cu cea rezultată din formula:

$$R_{iz} = \frac{U}{1\,000 + \frac{P}{100}}$$

față de care trebuie să nu aibă abateri în jos.

Determinarea umidității izolației. Umiditatea bobinajului se apreciază în funcție de coeficientul de absorbție: $K_{60} = \frac{R_{60}}{R_{15}}$, a cărui valoare trebuie să fie mai mare decât 1,3.

Măsurarea întrefierului. Măsurarea întrefierului la mașinile electrice se face cu prilejul reparațiilor capitale. Această măsurare se execută cu ajutorul unui calibru de interstii sau șubler. Pentru același punct al statorului se execută trei măsurări pentru trei puncte deosebite pe rotor care trebuie să fie decalate pe suprafața rotorului cu 120°. Măsurările se repetă pentru încă două puncte de pe stator decalate la 120° față de cel la care s-a făcut prima măsurare.

Întrefierul mediu este media aritmetică a celor nouă determinări efectuate.

Asimetria procentuală a întrefierului:

$$A = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{med}} \cdot 100 \quad (18.5) \text{ trebuie să nu depășească următoarele valori:}$$

$\pm 10\%$ pentru întrefierul minim măsurat pînă la 0,5 mm;

$\pm 10\%$, idem, de la 0,6 la 20 mm;

$\pm 5\%$, idem, peste 20 mm.

Reglarea întrefierului dintre rotor și stator se face modificîndu-se grosimea și numărul de garnituri de sub tălpile statorului și deplasîndu-se statorul pe orizontală. Uneori la montaj, statorul se lasă mai jos cu 0,2—0,3 mm, pentru a se obține la partea inferioară un întrefier ceva mai mare între rotor și stator (mai ales pentru mașinile cu lagăre, cu alunecare).

Calibrul se introduce pe lat în întrefier, iar pentru măsurare, se rotește cu 90° (fig. 18.20).

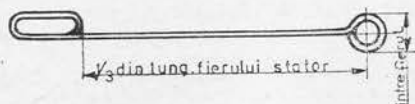


Fig. 18.20. Calibrul din sîrmă pentru măsurarea întrefierului dintre rotor și stator.

18.4. CUPLAREA MAȘINILOR ELECTRICE

Cuplarea motoarelor electrice cu mașina de lucru, cu mecanismul executor, sau cu o altă mașină electrică se face fie direct, folosindu-se cuple rigide, elastice, electromagnetice (cu fricțiune, de inducție etc.) sau de altă natură, fie prin intermediul unor organe de transmisie cum sînt curelele de transmisie, angrenajele cu roți dințate, angrenajele melcate, lanțurile de transmisie etc.

La realizarea cuplării trebuie să se acorde, o atenție deosebită operației de aliniere și de stabilire a poziției relative a arborilor cuplați.

18.4.1. CUPLAREA DIRECTĂ

În cazul unui cuplaj direct trebuie să se asigure în prealabil o centrare, adică o coaxialitate, cît mai perfectă a arborilor cuplați. Prin operația de „centrare“ se urmărește reducerea la minimum posibil a abaterilor unghiulare γ și a deplasărilor laterale Δ , existente de la coliniaritatea arborilor cuplați (fig. 18.21).

O centrare absolut perfectă nu este posibilă. Acest lucru face ca utilizarea cuplelor rigide să fie limitată. De regulă, cuplele rigide pot fi folosite numai în cazul cuplării a două mașini cu lagăre cu alunecare și atunci numai cu condiția realizării unei centrări atente. În toate celelalte cazuri sînt admise numai cuple elastice, care pot prelua micile abateri (unghiulare și laterale) inevitabile de la coaxialitatea arborilor cuplați. Dar și în aceste cazuri trebuie să se acorde o atenție deosebită centrării cît mai corecte, precum și jocului axial al arborilor, ca urmare a dilatației termice.

Realizarea centrării. Pentru realizarea centrării se procedează în felul următor: se instalează definitiv pe placa de fundație una dintre mașini (de obicei mașina de lucru, respectiv arborele antrenat), iar cealaltă mașină (de obicei motorul de acționare, respectiv arborele de antrenare) se deplasează în planurile orizontal și vertical; se acționează sensul reducerii abaterilor unghiulare și a deplasărilor laterale existente de la coliniaritatea arborilor cuplați.

Poziția corectă pe verticală se asigură, în general, cu ajutorul unor plăcuțe din tablă de diferite grosimi așezate sub tălpile de prindere ale mașinii.

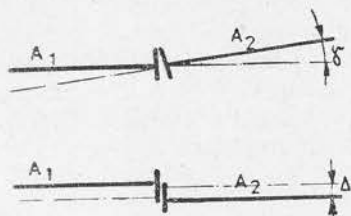


Fig. 18.21. Modalitate de cuplare a arborilor:

A_1, A_2 — arbori ce urmează a fi cuplați; Δ — deplasare laterală a arborilor; γ — abaterea unghiulară a arborilor.

Verificarea centrării. Toate metodele aplicate pentru verificarea centrării arborilor cuplați direct se bazează pe măsurarea jocurilor axiale a și radiale b în patru poziții distanțate cu cîte 90° una față de alta ale arborilor roțiți împreună (fig. 18.22, a). Coliniaritatea arborilor celor două mașini M și L este asigurată dacă în timpul unei rotații complete a arborilor este îndeplinită condiția: $a=\text{constant}$ și $b=\text{constant}$. (Fig. 18.22, b).

Drept criteriu de măsurare corectă a jocurilor axiale și radiale se consideră respectarea următoarelor egalități:

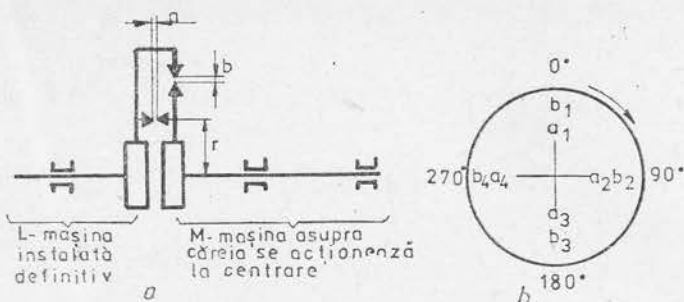


Fig. 18.22. Sistem de verificare a centrării arborilor:
a — vedere laterală a sistemului de centrare; b — sistem unghiular de realizare a centrării.

$$a_1 + a_3 = a_2 + a_4; \quad (18.6)$$

$$b_1 + b_3 = b_2 + b_4.$$

De obicei, se procedează mai întâi la efectuarea unei *centrări preliminare*, care se obține cu ajutorul unei linii sau al unui echer de oțel. Condiția de verificare este ca între muchia liniei de oțel și cele două semicuple să nu existe spațiu. O astfel de verificare se efectuează în patru puncte: sus, jos, la dreapta și la stânga.

Se trece apoi la *centrarea finală* care diferă în funcție de:

— *metoda de verificare aplicată*: cu ajutorul unui singur dispozitiv, cu ajutorul a două dispozitive (decalate unul față de celălalt cu 180° fig. 18.23, a, b);

— *tipul instrumentului folosit* pentru măsurarea jocurilor a și b: plăcuțe calibrate, șurub micrometric, comparator indicator (fig. 18.24);

— *modul de fixare*: pe semicuple; pe arbori; în apropierea cuplei. În fiecare caz sînt posibile diverse variante constructive (fig. 18.25 și 18.26). Scoaba exterioară se așează pe semicupla mașinii instalate definitiv.

Pozițiile de măsurare sînt 0° , 90° , 180° și 270° , care se stabilesc prin rotirea simultană a ambilor arbori.

Dacă din lipsă de spațiu nu este posibilă măsurarea jocurilor a_3 și b_3 (în poziția inferioară), atunci acestea se determină prin calcul, pe baza egalităților scrise anterior, astfel:

$$a_3 = (a_2 + a_4) - a_1; \quad (18.7)$$

$$b_3 = (b_2 + b_4) - b_1.$$

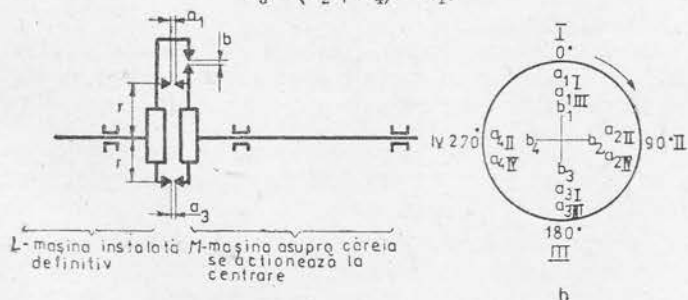


Fig. 18.23. Sistem de verificare a centrării arborilor cu ajutorul a două dispozitive.

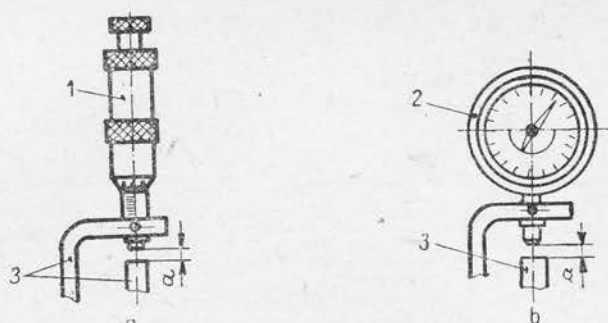


Fig. 18.24. Instrumente pentru măsurarea jocurilor:
a — micrometru; b — comparator indicator; 1 — șurub
micrometric; 2 — comparator indicator; 3 — scoabele dispo-
zitivului.

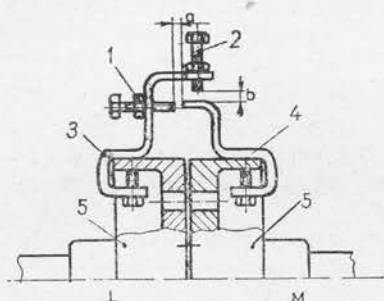


Fig. 18.25. Dispozitiv pentru ve-
rificarea centrării prin fixare
directă pe cuplă:

1 — șurub de reglare a valorii ini-
țiale a jocurilor a ; 2 — șurub de
reglare inițială a jocurilor b ; 3 —
scoaba dispozitivului; 4 — scoabă;
5 — semicuple.

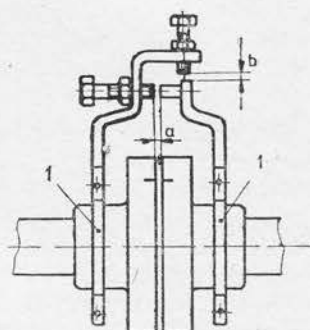


Fig. 18.26. Dispozitiv pen-
tru verificarea centrării
prin fixare cu bride (1)
pe butucul semicuplelor
sau pe arbori.

Precizia centrării se determină prin valoarea abaterilor de la condiția:
 $a = \text{const.}$ și $b = \text{const.}$

Toleranțe admisibile la centrare: La o rază de măsurare a jocurilor,
de $r = 250 \dots 300$ mm; diferențele $a_1 - a_3$; $b_1 - b_3$; $a_2 - a_4$ și $b_2 - b_4$ nu tre-
buie să depășească 0,03 mm. La o altă rază de măsurare, toleranțele ad-
mise sînt egale cu: $0,03 \cdot \frac{r}{250 \dots 300}$ mm (aceste valori sînt valabile dacă
centrarea se face cu scoabe).

În cazul centrării pe semicuplă, jocurile radiale cît și cele axiale în
aceleași poziții ale arborilor cu cuplaje și avînd diametrul de 400—500 mm
nu trebuie să se deosebească unele de altele cu mai mult de 0,05 mm.

18.4.2. CUPLAREA PRIN CURELE ȘI LANȚURI DE TRANSMISIE

La cuplarea mașinilor electrice prin curele și lanțuri de transmisie tre-
buie să se țină seamă de următoarele condiții:

— arborii (motor și antrenat) cuplați trebuie să fie perfect paraleli și
liniile medii ale șabielor de curea, respectiv ale roților de lanț trebuie să
coincadă;

— întinderea curelelelor și lanțurilor de transmisie nu trebuie să fie prea mare, pentru a se evita o încălzire și uzură exagerată a lagărelor și o suprasolicitare la încovoiere a arborilor. Mașinile electrice cuplate prin curele de transmisie se fixează prin intermediul unor glisiere pentru a se putea regla întinderea curelei.

Adesea se folosesc role de întindere, care, pe lângă asigurarea compensării lungirii curelei în exploatare, mărește și unghiul de contact dintre curea și șaibă. De asemenea se folosesc curele trapezoidale la care, datorită frecării laterale și a acțiunii de pană, aderența curelei în canalul șaibei este de aproximativ trei ori mai mare decât în cazul curelelor late;

— șaibele de curea trebuie să fie bine echilibrate;

— transmisia prin curea trebuie să fie prevăzută cu o împrejurare de protecție care să împiedice atingerea curelei în timpul funcționării și azvîrlirea acesteia în cazul ruperii.

CAPITOLUL 19

TEHNOLOGIA ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII TRANSFORMATOARELOR DE PUTERE

19.1. SUPRAVEGHEREA ÎN EXPLOATARE A TRANSFORMATOARELOR DE PUTERE

Deși mai rare decât la mașinile rotative, defectele ce pot apărea în funcționarea transformatoarelor pot avea urmări grave asupra acestora. Pentru înlăturarea lor este necesar ca, în majoritatea cazurilor, transformatorul să fie scos din funcțiune și trecut în reparație, putînd afecta siguranța în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor.

Supravegherea transformatoarelor în exploatare se face în mod curent și periodic.

Supravegherea curentă se face în special la transformatoarele de puteri mari în stațiile de transformare care au personal de tură. Controlul transformatoarelor principale (fig. 19.1 și 19.2) din centrale și stații de transformare cu personal permanent se face în general o dată la 8 ore. Transformatoarele montate în instalații fără personal permanent de supraveghere, transformatoarele din posturile de transformare, se controlează în funcție de importanța lor și a puterii la intervale de la 10 zile pînă la 30 de zile.

Un regim special îl au comutatoarele cu ploturi în sarcină, care se recomandă să fie controlate la circa 10 000 de comutări, iar la 20 000 de comutări să fie verificate amănunțit.

La supravegherea curentă a transformatoarelor se urmărește:

a) *curentul primar și secundar*. Încărcarea permanentă la sarcină nominală este admisă pentru o temperatură maximă a mediului ambiant de $+35^{\circ}\text{C}$. Dacă temperatura ambiană depășește $+35^{\circ}\text{C}$, sarcina se va reduce în așa fel, încît să nu depășească temperatura maximă admisibilă în straturile superioare ale uleiului (95°C).

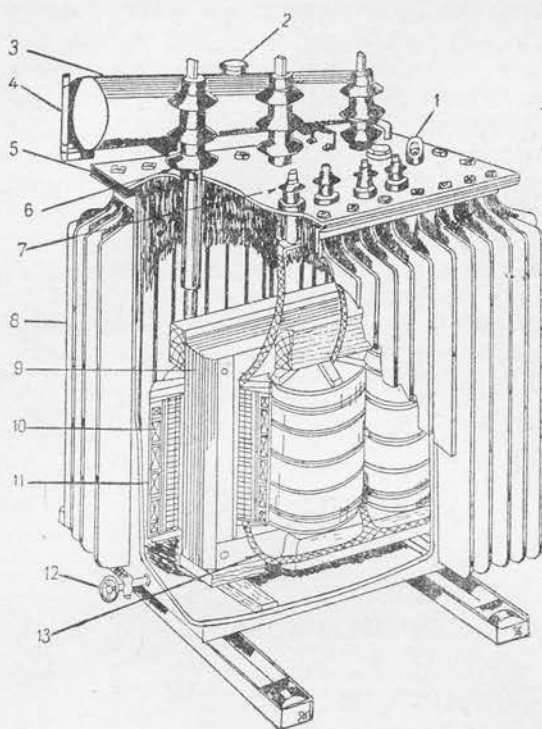


Fig. 19.1. Transformator trifazat de mărime mijlocie avînd puterea aparentă de 1100 kVA:

1 — inel de ridicare; 2 — dop de umplere; 3 — conservator de ulei; 4 — nivel de ulei; 5 — garnitura capacului; 6 — borne de înaltă tensiune secundare; 7 — borna de joasă tensiune primare; 8 — cuvă cu pereți ondulați; 9 — circuit magnetic; 10 — înfășurarea primară; 11 — înfășurarea secundară; 12 — robinet de luat probe de ulei; 13 — conexiuni interne.

pompă prin răcitoare speciale amplasate în afara cuvei transformatorului și răcit prin circulația de aer produsă de ventilatoare;

— răcire cu apă și circulație de ulei, la care uleiul încălzit în transformator este pompat prin răcitoare de ulei cu apă și este răcit.

În ceea ce privește temperatura agenților de răcire se fac următoarele recomandări:

— pentru transformatoarele răcite cu aer:

- temperatura maximă a aerului: 40°C,
- temperatura medie zilnică a aerului: 30°C,
- temperatura medie anuală a aerului: 20°C;

— pentru transformatoarele răcite cu apă:

- temperatura apei de răcire la admisie în răcitor: 25°C.

În cazul amplasării în interior a transformatoarelor, în posturile de transformare, încăperile trebuie să fie astfel ventilate încît să permită o încărcare nominală a transformatorului în orice anotimp al anului. Dacă ventilația naturală a încăperii nu este suficientă, trebuie asigurată o ventilație artificială.

d) Nivelul de ulei în conservator.

e) Releele de protecție, inclusiv releul de gaze.

În caz de avarii se admite funcționarea transformatorului cu suprasarcinile din tabelul 19.1.

b) Tensiunea primară și secundară. Tensiunea rețelei nu trebuie să depășească tensiunea prizei pe care funcționează transformatorul cu mai mult de 10%.

c) Temperatura uleiului în partea superioară a cuvei. Încălzirile maxime admisibile ale elementelor transformatorului, adică diferențele maxime de temperatură față de mediul ambiant în funcționare de regim normal sînt date în tabelul 19.2.

Pentru a nu depăși temperaturile admisibile, transformatoarele se răcesc prin una dintre metodele următoare mai des întîlnite în practică:

— răcire naturală cu circulație de ulei, unde răcirea uleiului circulat se asigură prin circulația naturală de aer și radiație;

— răcire prin circulație forțată de aer și circulație de ulei, unde uleiul este

f) Funcționarea instalațiilor anexe, inclusiv legăturile la bare în primar și secundar.

La **supravegherea periodică** se urmărește:

- starea cuvei (dacă sînt sau nu pierderi de ulei);
- nivelul și culoarea uleiului din conservator;
- temperatura uleiului din transformator și din conservator;
- starea izolatoarelor;
- starea descărcătoarelor;

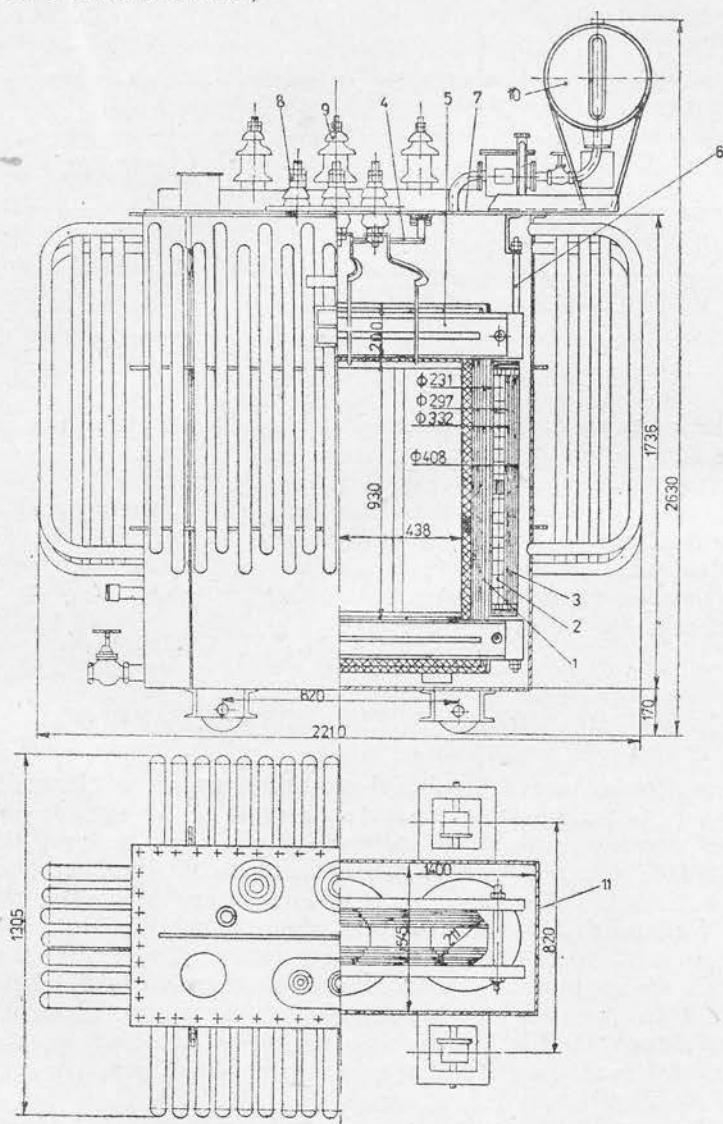


Fig. 19.2. Secțiune longitudinală și transversală printr-un transformator trifazat de 1000 kVA, 6000/400 V, 50 Hz:

1 — miezul feromagnetic; 2 — înfășurarea de joasă tensiune; 3 — înfășurare de înaltă tensiune; 4 — comutator cu prize; 5 — console de fixare a jugului; 6 — tiranți; 7 — capacul cuvei; 8 — izolator de joasă tensiune; 9 — izolator de înaltă tensiune; 10 — conseravtor de ulei; 11 — cuva.

Tabelul 19.1

**Suprasarcini admisibile procentuale ale unui transformator
și durata admisă a acestora**

Suprasarcina, în %	30	60	75	100	140	200
Timpul, în min	120	30	15	7,5	3,5	1,5

Tabelul 19.2

**Temperaturi maxime admisibile de funcționare ale elementelor
constitutive ale unui transformator**

Elementele transformatorului	Temperaturi admisibile [°C]
Bobinajul	70
Miezul (la suprafață)	75
Uleiul (în stratul superior)	60

- starea legăturii cu priza de pământ a cuvei și instalațiilor anexe;
- buna funcționare a sistemului de răcire;
- starea barelor, cablurilor și cordoanelor de legătură.

Tot cu ocazia controalelor periodice ce se fac transformatoarelor, se verifică și dacă nu se produc zgomete anormale în funcționarea lor.

După efectuarea controalelor, rezultatele se trec în registrele de exploatare și se iau măsuri ca eventualele defecte menționate să fie remediate în cel mai scurt timp.

19.2. REPARAREA TRANSFORMATOARELOR

Pentru realizarea unei funcționări continue, sigure și eficiente a transformatoarelor de putere este necesar ca acestea să fie supuse reparațiilor preventive planificate (reparații curente și capitale), precum și încercărilor preventive efectuate atât în perioada de exploatare, cât și cu ocazia reparațiilor. Reparațiile curente ale transformatoarelor se execută cu scoaterea din funcțiune a acestora și fără decuvarea miezului. Reparațiile capitale se execută totdeauna cu decuvarea miezului.

Termenele de executare a reparațiilor curente variază în funcție de importanța transformatoarelor de la șase luni la un an. Reparațiile capitale, de asemenea, sînt în funcție de importanța transformatoarelor, termenele de efectuare a acestora variind de la 5 la 15 ani (de regulă 12—15 ani).

Reparațiile curente efectuate asupra transformatoarelor cuprind în principal următoarele lucrări:

- revizie exterioară a transformatorului cu înlăturarea defectelor constatate ce pot fi înlăturate pe loc;
- evacuarea reziduiului uleiului din conservatorul de ulei, adăugarea de ulei și verificarea indicatoarelor de ulei;

- verificarea robinetelor, a etanșeității lor și eventuala lor reparare;
- revizia și curățirea sistemului de răcire;
- verificarea protecției de gaze;
- controlul curent al uleiului din cuvă;
- determinarea gradului de umezire a bobinajelor;
- măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice (o dată la trei ani).

Reparațiile capitale cuprind un volum mai mare de lucrări ce se execută prin demontarea transformatorului și verificarea și revizia amănunțită a fiecărei părți componente a transformatorului.

Lucrările care se efectuează cu ocazia reparațiilor capitale sînt diferențiate în funcție de părțile componente ale transformatorului: cuvă și armături, bobinaje, miez, sistem de răcire și comutator de ploturi.

Cuva și armăturile. În operațiile de control ale cuvei sînt cuprinse:

- curățirea reziduurilor de ulei, curățirea ruginii și spălarea cu ulei;
- controlul etanșeității vanelor și robinetelor și repararea lor;
- curățirea conservatorului și a tubului de ulei;
- controlul stării țevii de legătură cu filtrul de ulei, schimbarea silicagelului;
- controlul tuturor garniturilor de etanșare;
- controlul și verificarea radiatoarelor;
- controlul și verificarea stării de funcționare pentru instalațiile de măsurare și semnalizare a temperaturii;
- controlul și verificarea instalației de protecție prin releul de gaze, cuprinzînd releul propriu-zis, conductele, izolația circuitelor electrice și încercarea funcționării protecției.

Bobinajele:

- se verifică izolația înfășurărilor;
- se verifică starea bornelor, a izolatoarelor și garniturilor de etanșare a acestora față de uleiul din cuva transformatorului, se controlează strîngerea buloanelor;
- se verifică starea contactelor și lipiturilor înfășurărilor și cele ale schimbătorului de ploturi;
- se controlează amănunțit toate angrenajele comutatorului de ploturi manevrîndu-se pe toate pozițiile sale;
- se cercetează vizual și prin palpare elasticitatea, fragilitatea și rezistența mecanică a bobinajelor;
- se verifică starea pieselor de distanțare, fixarea lor și consolidarea lor;
- se curăță și se spală cu ulei toate părțile bobinajului.

Miezul transformatorului:

- se verifică strîngerea corespunzătoare a tuturor tolelor, colorația lor anormală datorită unor temperaturi ridicate din miez;
- se verifică dacă izolația dintre tole nu este arsă;
- se verifică starea tuburilor izolante și izolația buloanelor de strîngere a miezului;
- se controlează starea rosturilor la miezurile cu juguri demontabile.

Sistemul de răcire. La transformatoarele prevăzute cu răcire prin ventilație cu aer se verifică și se repară motorul electric și ventilatorul de aer.

La transformatoarele cu răcire exterioară cu apă a uleiului se verifică și se repară motoarele electrice, pompele, conductele de ulei și coloanele de răcire a uleiului.

Comutatorul de ploturi:

- se verifică contactele „ruptorului” și se curăță;
- se verifică starea rezistențelor „de trecere”;
- se verifică starea uleiului electroizolant din cuva comutatorului de ploturi și în cele mai multe cazuri se schimbă.

19.2.1. DEFECTE ȘI MODUL DE REMEDIERE A LOR LA TRANSFORMATOARE

Defectele care apar în timpul funcționării transformatoarelor electrice se manifestă prin următoarele fenomene:

- transformatorul se supraîncălzește;
- zgomot anormal în transformator;
- trosnituri în interiorul transformatorului;
- străpungerea și întreruperea bobinajelor;
- intrarea în funcțiune a protecției prin releul Bucholtz;
- tensiunea în circuitul secundar al transformatorului nu este normală.

Supraîncălzirea transformatorului. *Transformatorul este supraîncărcat.* Se reduce sarcina transformatorului fie prin deconectarea unor consumatori, fie prin conectarea în paralel a încă unui transformator cu transformatorul inițial supraîncărcat.

Temperatura în camera de lucru a transformatorului este prea mare. Se măsoară temperatura aerului în încăpere la distanța de 1,5—2 m de cuva acestuia, la jumătatea înălțimii ei iar dacă această temperatură depășește cu 8—10°C temperatura mediului, se va îmbunătăți ventilația camerei de lucru a transformatorului. De obicei, ventilația încăperilor transformatoarelor se calculează astfel, încît diferența între temperatura aerului care intră (jos) și a celui care iese (sus) să nu depășească 15°C.

Nivelul uleiului în transformator este prea scăzut. În acest caz se observă că partea neacoperită a înfășurărilor și a oțelului activ se încălzesc excesiv. Avînd certitudinea că uleiul din cuvă nu curge, aceasta se umple cu ulei pînă la nivelul normal.

Există defecte interioare în transformator. Există scurtcircuit între spire, între faze, scurtcircuite datorită deteriorării izolației buleanelor care strîng oțelul activ al transformatorului, scurtcircuit între tolele miezului. Toate aceste defecte, în cazul unor scurtcircuite neînsemnate, deși local temperatura este mai mare, nu produc totdeauna o creștere sensibilă a temperaturii generale. Numai intensificarea acestor defecte conduce la creșterea rapidă a temperaturii uleiului, în care situație se va scoate din funcțiune transformatorul și se va trece la remedierea defectului.

Transformatoarele care funcționează în paralel (circuite primare și secundare) au raportul de transformare diferit. În această situație între transformatoare va apărea un curent de egalizare. În timpul funcționării în sarcină, transformatorul a cărui tensiune secundară la funcționarea în gol este mai ridicată va prelua o sarcină mai mare. Se vor face manevre pentru a trece consumatorii separat pe fiecare transformator, proporțional cu puterea lor și se va funcționa cu transformatoarele scoase din paralel pe partea secundară. Ca soluție mai ridicată, se vor trece transformatoa-

rele pe ploturi care să asigure același raport de transformare sau se vor prevedea transformatoare identice.

Transformatoarele care funcționează în paralel au tensiuni de scurtcircuit diferite. Se știe că tensiunea de scurtcircuit este tensiunea aplicată unei înfășurări (N_1), căreia îi corespunde curentul nominal în cealaltă înfășurare (N_2) scurtcircuitată. În general u_{sc} este de 6...1% din u_n în funcție de tipul constructiv al transformatorului.

În situația funcționării în paralel a transformatoarelor cu tensiuni de scurtcircuit diferite, sarcina se împarte între transformatoare în mod direct proporțional cu puterile nominale și invers proporțional cu tensiunile de scurtcircuit.

Respectarea următoarelor condiții de funcționare în paralel a transformatoarelor asigură distribuirea uniformă a sarcinii;

- egalitatea (în limitele toleranțelor) rapoartelor de transformare ($\pm 1\%$ pentru transformatoarele cu raportul de transformare sub 3 și $\pm 0,5\%$ pentru celelalte transformatoare);

- egalitatea (în limitele toleranțelor) tensiunilor de scurtcircuit ($\pm 10\%$ pentru toate transformatoarele);

- transformatoarele să aparțină aceleiași grupe de conexiuni;

- se recomandă, de asemenea, ca raportul puterilor nominale ale transformatoarelor conectate în paralel să nu depășească 3 : 1.

Conectarea în paralel a transformatorului după montaj, după o reparație capitală, cu schimbarea înfășurărilor, sau după pozarea unui cablu nou, este admisă numai după identificarea fazelor.

Zgomot anormal în transformator. Acest fenomen poate să apară datorită următoarelor cauze:

- s-a slăbit strângerea tolelor miezului. Se strâng buloanele de presare a miezului;

- s-a slăbit strângerea pachetelor de tole la transformatoarele cu miezul țesut. Cu timpul, din cauza vibrației tolelor circuitului magnetic, s-a slăbit strângerea tiranților verticali care presează coloanele cu jugul. Din această cauză s-a modificat întrefierul în rosturi, intensificându-se zgomotul. Se strânge miezul, schimbându-se garniturile jugurilor superior și inferior;

- vibrează tolele de capăt ale miezului. Se împănează tolele cu prespan;

- s-au slăbit buloanele care fixează capacul transformatorului. Se verifică strângerea tuturor buloanelor;

- transformatorul este supraîncărcat sau sarcina pe faze este deosebit de nesimetrică. Se înlătură supraîncărcarea sau se reduce nesimetria sarcinii;

- există scurtcircuit între faze sau între spire. Se repară înfășurarea;

- transformatorul funcționează cu o tensiune ridicată. Se pune comutatorul de tensiune pe o poziție corespunzătoare, în vederea aducerii tensiunii la o tensiune normală.

De obicei, ploturile se găsesc pe tensiunea înaltă și corespund valorii de $U_n \pm 5\%$ U_n . Pe poziția ($U_{1n} + 5\%$ U_{1n}) numărul de spire este mai mare decât pentru poziția U_{1n} și respectiv ($U_{1n} - 5\%$ U_{1n}). Astfel că, dacă U_{2n} este mai mare decât valoarea normală, se va comuta plotul în primar pe ($U_{1n} + 5\%$ U_{1n}), corespunzător tensiunii mai mari (fig. 19.3).

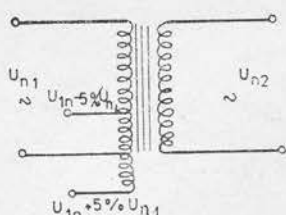


Fig. 19.3. Schema de principiu a unui transformator:

U_{n1} — tensiune primară;
 U_{n2} — tensiune secundară.

Pornind de la relația:

$$\frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{N_1}{N_2} = k, \text{ respectiv } \frac{U_{1n}}{N_1} = \frac{U_{2n}}{N_2}, \quad (19.1)$$

rezultă că pentru a se reduce valoarea lui U_{2n} în condițiile aceleiași tensiuni a rețelei U_1 și același număr pe spire din secundar N_2 este necesar să se mărească numărul de spire din primar N_1 , corespunzător plotului cu tensiunea mărită:

$$U_{1n} + 5\% U_{1n}.$$

Ca exemplu practic, pentru un transformator cu ploturi fixe în primar la 6 300, 6 000, 5 700 V, iar în secundar la 380 V, atunci când tensiunea secundară este prea mare (de exemplu 400 V) se va comuta plotul în primar la 6 300 V, iar când tensiunea secundară este prea mică (de exemplu 360 V) se va comuta plotul în primar la 5 700 V, obținându-se astfel tensiunea normală de 380 V.

Zgomote inadmisibile în transformator. În principal, zgomotul transformatoarelor este produs de magnetostricțiunea miezului de fier. Zgomotul transformatoarelor depinde de flux și de variațiile fluxului magnetic.

În tabelul 19.3 se indică nivelele de zgomot admisibile ale transformatoarelor cu ulei și de tip uscat, pentru toate sursele de zgomot existente la un transformator. În cazul valorilor mai mari decât nivelele admisibile de zgomot se va proceda la depistarea și înlăturarea cauzelor care le-a produs.

Troscnituri în interiorul transformatorului. Se produc din cauza conturnărilor electrice și întreruperii legăturii la pământ.

Conturnările electrice se produc între bobine sau între capetele de ieșire ale bobinelor și cuvă, datorită supratensiunilor. În acest caz, se verifică și se repară înfășurările transformatorului.

Tabelul 19.3

Nivelurile admisibile de zgomot ale transformatoarelor

1. Puterea nominală: 30—1 600 kVA; distanța de măsurare=1 m

Putere nominală, în kVA	30 50	75 100	125 160	200 250	315 400	500 1630	800 1000	1 250 1 600
Nivelul de zgomot la transformator în ulei, în dB	45	46	47	38	50	52	54	56
Nivelul de zgomot la transformator de tip uscat, în dB	54	56	58	60	62	64	—	—

2. Puterea nominală: 2—40 MVA; distanța de măsurare=3 m

Puterea nominală, în MVA	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,3	16	20	25	31,5	40
Nivel de zgomot, în dB	52	53	55	56	57	59	60	62	63	65	66	67	69	70

Înteruperea legăturii la pământ. În cazul întreruperii legăturii la pământ pot apărea descărcări între bobinaj sau capetele de ieșire ale acestuia și cuvă, ceea ce conduce la zgomete sub formă de trosnitiuri în interiorul transformatorului. Legătura la pământ trebuie refăcută așa după cum a fost ea executată inițial de către întreprinderea constructoare și anume, oțelul masiv și alte piese ale circuitului magnetic al transformatorului se leagă la pământ prin capacul transformatorului și cuvă. În felul acesta, sarcinile electrice care apar în aceste părți se scurg la pământ. Deoarece între înfășurări și părțile metalice ale circuitului magnetic se formează un condensator, în cazul întreruperii legăturii la pământ pot apărea descărcări între bobinaj sau capetele de ieșire ale acestuia și cuvă, ceea ce conduce la zgomete sub formă de trosnitiuri în interiorul transformatorului.

Străpungerea înfășurărilor și întreruperi în înfășurări. Străpungerea între înfășurări și cuvă, între înfășurările de tensiune înaltă și joasă sau între faze. Cauzele pot fi următoarele:

— au apărut supratensiuni datorită descărcărilor atmosferice, avariilor sau proceselor tranzitorii;

— a scăzut mult calitatea uleiului (umezire, impurificare etc.);

— a scăzut nivelul uleiului;

— izolația este îmbătrânită;

— în timpul scurtcircuitelor exterioare și, de asemenea, a celor din interiorul transformatorului au apărut eforturi electrodinamice.

Străpungerea izolației înfășurărilor se poate descoperi cu megohmetrul. În caz de defect, se repară izolația la locul străpungerii sau se schimbă înfășurarea respectivă.

Înteruperi în înfășurări. Defectul se descoperă datorită degajării de gaz inflamabil în releul de gaz, care acționează asupra semnalizării sau direct asupra circuitului de deconectare al întreruptorului. Cauzele acestui defect pot fi:

— este defectuos executată lipirea unor legături ale înfășurărilor;

— există deteriorări în conductoarele care leagă capetele înfășurărilor cu bornele;

— în cazul scurtcircuitelor, atât în interiorul cât și în afara transformatorului, apar eforturi electrodinamice.

Înteruperile se pot constata cu ampermetrul (nu apare sarcină pe faza respectivă) sau cu megohmetrul (în cazul întreruperii fazei, la aparat apare indicația co, iar în caz de continuitate apare indicația O).

De cele mai multe ori întreruperea se constată în locul de încovoiere a inelelor capetelor de ieșire de sub șurub. Se repară înfășurarea, iar pentru a se preveni întreruperile repetate în locurile de conectare la borne a înfășurărilor trebuie înlocuit conductorul rotund (fig. 19.4, a) cu o legătură elastică de amortizare, care constă dintr-un pachet de benzi de cupru a cărui secțiune totală este egală cu secțiunea conductorului inițial (fig. 19.4, b).

Funcționarea protecției prin releu Bucholtz. Protecția prin releu Bucholtz este o protecție sensibilă la defectele interioare sau la funcționarea anormală a transformatorului. Această protecție, în funcție de intensi-

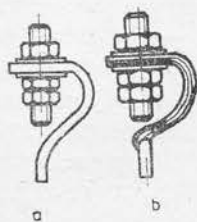


Fig. 19.4. Sistem de conectare a capetelor de ieșire la un transformator:

a — cu conductor rotund; b — conductor cu benzi de cupru.

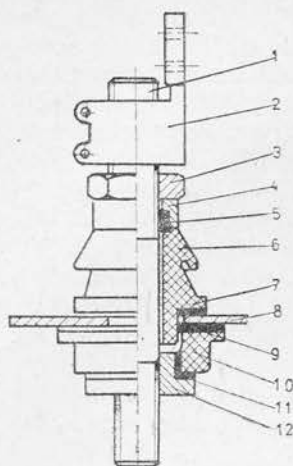


Fig. 19.5. Izolator de trecere pentru exterior, aferent unui transformator:

1 — tijă de trecere; 2 — clemă de strângere a conductoarelor; 3 — piuliță de strângere a izolatorului; 4 — capac metalic; 5 — garnitură; 6 — corp izolator; 7 — garnitură; 8 — capacul cuvei; 9 — garnitură; 10 — corp izolator interior; 11 — garnitură de etanșare; 12 — guler de strângere.

tatea degajării de gaz, acționează asupra semnalizării, asupra circuitului de deconectare a întreruptorului sau asupra ambelor în același timp.

Protecția de gaze prezintă avantajul că, datorită construcției releului Bucholtz, poate preveni personalul de exploatare asupra defectului în transformator, încă de la începutul apariției sale, împiedicând astfel o desfășurare cu urmări grave a acesteia.

Se vor urmări cazurile în care releul Bucholtz acționează asupra semnalizării și semnalizează imediat deconectarea transformatorului.

Protecția prin releu Bucholtz a acționat asupra semnalizării, deoarece:

— în interiorul transformatorului au apărut defecte mici care au condus la degajarea slabă de gaze;

— în timpul umplerii sau curățirii uleiului a pătruns aer în transformator;

— din cauza scăderii temperaturii sau datorită curgerii din cuvă, nivelul uleiului scade treptat;

— defectarea circuitelor de semnalizare ale releului Bucholtz.

Protecția prin releu Bucholtz a acționat și la semnal și la declanșare sau numai la deconectare. Acest lucru se petrece atunci când defectele anterioare sînt însoțite de o degajare intensă de gaz. Astfel de situații apar la:

— producerea unui scurtcircuit între spirele bobinajelor primar sau secundar ale transformatorului. Cauza acestui defect poate fi și o izolare insuficientă a legăturilor de trecere (fig. 19.5), deteriorarea izolației spirelor (la presare sau datorită bavurilor pe spira de cupru), deteriorarea mecanică a izolației, degradarea naturală a izolației, desprinderea izolației bobinajului în urma scăderii nivelului uleiului. Dacă numărul spirelor scurtcircuitate este mare, uleiul se încălzește intens și poate chiar fierbe într-un interval de timp scurt;

— la producerea unui scurtcircuit între faze, care a evoluat foarte rapid. Este necesară refacerea izolației înfășurării ce a străpuns;

— la producerea unui scurtcircuit din cauza deteriorării izolației buloanelor de strângere a miezului activ al transformatorului. În această situație piesele incluse în circuit se încălzesc excesiv provocînd încălzirea uleiului, buloanele și tolele alăturate se pot distruge, ceea ce impune repararea lor;

— scurtcircuite între tolele miezului activ datorite deteriorării izolației între tole sau îmbătrînirii izolației. Din această cauză apar curenți turbionari care produc încălziri locale intense ale miezului activ, ceea ce cu timpul poate conduce la deteriorarea locală a fierului;

— scăderea pronunțată a nivelului uleiului în transformator sau degajarea intensă de aer din ulei datorită răcirii bruște a lui sau în urma repa-

rațiilor curente (umplerea cu ulei nou, curățirea uleiului centrifugare etc.).

Deoarece impulsurile în circuitul protecției prin releu Bucholtz pot fi provocate de cauze foarte diferite înainte de a se trece la înlăturarea defectului este necesar să se stabilească precis cauza care a produs declanșarea protecției.

În cazul defectării bobinajului este necesar să se găsească locul deteriorării și să se repare. Pentru aceasta se demontează transformatorul și se scoate miezul. Spirele scurtcircuitate ale bobinajului se pot găsi prin alimentarea transformatorului cu o tensiune redusă, pe partea de joasă tensiune. Locul scurtcircuitului este intens încălzit și bobinajele fumegă. În cazul scurtcircuitelor între tolele miezului activ, izolația deteriorată în rosturile circuitului magnetic se înlocuiește cu una nouă, care constă din plăci de azbest cu grosimea de 0,8—1,0 mm impregnate în lac gliptalic; sus și jos se pune hirtie de cablu cu grosimea de 0,07—0,1 mm.

Determinarea cauzelor care au provocat acționarea releului Bucholtz comportă și cercetarea gazelor strinse în releu, din punct de vedere cantitativ, al culorii și al compoziției chimice. O cantitate mai mare de gaze presupune un defect de o amploare mai mare.

Dacă gazele strinse sînt incolore și nu ard, acționarea releului se datorește aerului degajat din ulei. În cazul cînd gazele ard, acționarea releului se datorește unui defect interior în transformator.

Inflamabilitatea gazelor se determină prin apropierea unui chibrit aprins de robinetul superior, închis, al releului Bucholtz și dezchizînd apoi robinetul.

Culoarea gazului indică natura substanței prin a cărei ardere s-a produs gazul. Astfel:

- culoarea galbenă indică o arsură de lemn;
- culoarea albă-gri indică o arsură de hîrtie sau carton;
- culoarea neagră indică o arsură de ulei.

Determinarea culorii și calității gazelor se face prin captarea acestora într-un balon de sticlă prevăzut cu un tub flexibil ce se racordează la partea superioară a robinetului releului Bucholtz.

Scurgerea uleiului. *S-au desfăcut sudurile* pereților cuvei transformatorului, ale fundului, ale locurilor de intrare a țevelor în peretele cuvei, ale radiatoarelor etc.

Se sudează autogen locurile de scurgere, luîndu-se în prealabil măsurile adecvate pentru golirea uleiului și pentru prevenirea pericolului de început de incendiu. Cînd se termină operația se încearcă cuva cu apă timp de 1—2 h la presiunea unei coloane de apă înaltă de 1,5 m deasupra nivelului din conservator. Pentru aceasta se umple cuva cu apă iar în capacul cuvei ermetic închise se înșurubează o țeavă lungă de 1,5 m cu diametrul de 3/4 m pînă la 1 m, prevăzută sus cu o pîlnie prin care se face umplerea definitivă a cuvei și a țevii cu apă. Se poate încerca cuva și cu ulei. Scurgerile neînsemnate de ulei se pot înlătura prin ștemuire.

Între capacul și cuva transformatorului sînt spații neetanșe. Se strîng șuruburile care fixează capacul. Dacă prin aceasta nu se obține o etanșare perfectă se pune o nouă garnitură.

Există goluri în jurul bornelor. Scurgerea de ulei între flanșele suport ale izolatoarelor și capacul transformatorului se înlătură prin strîngerea șuruburilor sau înlocuirea garniturii cu una nouă.

Infiltrarea uleiului de-a lungul șurubului se îndalără prin înfășurarea pe șurub sub piuliță de jos a unui șnur de azbest impregnat în lac. Adesea garnitura de etanșare din cauciuc se deteriorează prematur prin îmbătrânire termică, urmare a faptului că bulonul de trecere prin izolator se încălzește din cauza contactului realizat fără strângere corespunzătoare între clema de strângere a conductoarelor și acest bulon. Garnitura de cauciuc se întărește foarte mult, își pierde în totalitate proprietățile elastice, iar prin încercarea de strângere a piuliței, garnitura crapă și scurgerile de ulei se accentuează. Remediul este înlocuirea garniturii cu una nouă și strângerea corespunzătoare a clemei de prindere a conductoarelor ori barelor de racord la transformator.

La alegerea garniturilor de etanșare trebuie avut în vedere atât elasticitatea ei cât și rezistența la acțiunea uleiului electroizolant în stare caldă, așa după cum uleiul se găsește în timpul exploatării.

Curățirea izolatoarelor transformatoarelor. *Ștergerea izolatoarelor.* Operația se execută cu bumbac uscat și curat, începîndu-se de la partea superioară a izolatorului, prin frecarea bumbacului cu mișcări semicirculare pe suprafața glazurată a porțelanului. În timpul ștergerii, bumbacul se va întoarce astfel, încît să vină în permanentă în contact cu porțelanul cu partea curată.

Spălarea cu solvenți organici a izolatoarelor. Se ia o cantitate de bumbac, se toarnă peste aceasta solvenul deasupra unui vas curat, în care se scurge prisosul de solvent. Se stoarce bumbacul cu mîna ușor, după care se începe spălarea izolatorului de la partea superioară a primei pălării, prin mișcări circulare.

Solvenții utilizați în mod curent sînt alcoolul, benzina de extracție și acetona, în cazul depunerilor de natură organică. În cazul depunerilor de natură anorganică (depuneri pietrificate) se utilizează o soluție de acid clorhidric, în concentrație de 10—18%.

19.3. REGLAJUL TENSIUNII UNUI TRANSFORMATOR

Este necesar să se mențină tensiunea secundară a transformatorului între anumite limite, cînd tensiunea primară variază. Acest rezultat se obține variîndu-se raportul de transformare al transformatorului prin mărirea sau micșorarea numărului de spire fie în înfășurarea primară, fie în înfășurarea secundară.

19.3.1. REGLAREA TENSIUNII ÎN TREPTE CU DECONECTAREA TRANSFORMATORULUI

Sînt folosite diferite dispozitive.

Prizele sînt racordate la bornele dispuse pe capăcul transformatorului. Legăturile de ieșire spre rețea sînt racordate la bornele care dau tensiunea secundară cerută.

Schimbarea prizelor se face cu ajutorul unui comutator așezat pe punctul neutru al înfășurărilor conectate în stea. Comutatorul (fig. 19.6) este

comandat printr-o manivelă M așezată la exteriorul cuvei transformatorului. Punctul neutru se realizează prin contactele 1, 2 sau 3 după caz. Schimbarea prizelor nu se poate opera decât dacă transformatorul este scos sub tensiune. Astfel de dispozitive se folosesc la transformatoarele de mică putere din rețelele electrice de distribuție.

La revizie se măsoară rezistența de contact pentru toate cele trei poziții și se compară cu valorile de la măsurătorile anterioare. Dacă rezistențele de contact în zonele 1, 2 sau 3 sînt prea mari, este necesar a se decuva transformatorul și a se remedia contactele electrice respective.

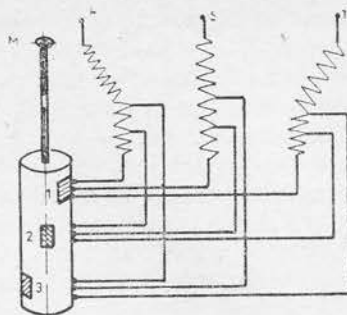


Fig. 19.6. Comutator cu manivelă:

M — manivelă; R, S, T — fazele rețelei de alimentare cu energie electrică; 1, 2, 3 — contacte.

19.3.2. REGLAREA TENSIUNII ÎN TREPTE ÎN SARCINĂ PRIN COMUTATOARE DE PRIZĂ ÎN SARCINĂ

Comutatoarele de priză în sarcină fac să varieze tensiunea secundară a transformatorului, trecind de la o priză la alta fără întreruperea serviciului. La transformatoarele cu puteri mai mari de 10 MVA, reglajul tensiunii se face sub sarcină, cu acționare locală sau de la distanță (comutatoare de tip Jansen sau de tip Kolarov). Aceste comutatoare permit prin 16—18 ploturi reglajul tensiunii de $\pm 16\%$. Comutatorul este fixat pe înfășurarea de înaltă tensiune; el este prevăzut cu un dispozitiv de acționare. Blocarea și poziția de lucru sînt asigurate de un dispozitiv de comutare cu autozăvorire.

În figura 19.7 este reprezentată schema de funcționare a unui comutator cu priză în sarcină pentru un transformator monofazat. Comutatorul cuprinde două contacte mobile B_1 și B_2 folosite pentru trecerea de la o priză la alta $P_1 \dots P_{18}$. Între cele două contacte mobile este intercalată o inductanță sau o rezistență numită de „trecere”, care limitează curentul de scurtcircuit ce apare datorită scurtcircuitării spirelor dintre cele două prize (ploturi).

Comutatoarele de priză sub sarcină sînt aparate complexe. Pentru a asigura un serviciu convenabil, ele trebuie să satisfacă următoarele condiții:

- să asigure în permanență un contact electric bun pe ploturile $P_1, P_2, P_3 \dots$ pentru toate intensitățile de curent care le traversează;

- să evite amorsajul unui arc electric cînd contactul mobil părăsește plotul fix;

- să interzică în mod absolut suprapunerea unui contact mobil

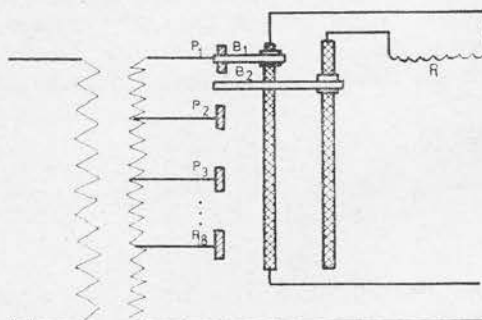


Fig. 19.7. Schema de funcționare a unui comutator cu priză în sarcină pentru comanda unui transformator monofazat: $P_1, P_2, P_3 \dots P_{18}$ — prize (ploturi); B_1, B_2 — contacte mobile; R — rezistență sau bobină de autoinducție.

pe două contacte fixe succesive, deoarece s-ar provoca punerea în scurt-circuit a bobinei racordate între ploturile vecine (ex. P_1 și P_2).

La reviziile tehnice ale comutatorului de ploturi în sarcină este necesar să se verifice rezistențele de contact pentru fiecare priză în parte și să se compare cu valorile din cartea de fabricație a transformatorului. De asemenea se verifică timpii de trecere de pe un plot pe celălalt, precum și limitatoarele de la extremele comutatorului. Se verifică rigiditatea dielectrică a uleiului din cuva comutatorului, valoare care trebuie să se încadreze în norme. În modelele cele mai recente de comutatoare, uleiul cuvei comutatorului nu are nici o comunicație cu uleiul din cuva transformatorului, evitându-se astfel poluarea eventuală a uleiului din transformator de către uleiul din comutator.

19.4. ÎNCERCAREA TRANSFORMATOARELOR ELECTRICE

Înainte de a fi pus în funcțiune un transformator care a suportat o reparație curentă ori capitală este supus unor probe și verificări, care au scopul de a constata dacă parametrii tehnici ai transformatorului sînt în concordanță cu cei inițiali prevăzuți în cartea transformatorului.

Dintre măsurile mai importante care se fac, se enumeră:

- măsurarea rezistenței de izolație a bobinajelor;
- măsurarea rezistenței bobinajelor;
- determinarea umidității izolației bobinajelor;
- măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice;
- măsurarea rigidității dielectrice a uleiului;
- măsurarea rezistențelor de izolație ale buloanelor de strîngere ș.a.

19.4.1. MĂSURAREA REZISTENȚEI DE IZOLAȚIE A BOBINAJELOR

Operația se efectuează cu megohmetrul de 500 V sau 1 000 V pentru bobinajele avînd tensiunea nominală de cel mult 500 V și cu megohmmetrul de 2 500 V pentru bobinajele avînd tensiunea nominală mai mare de 500 V. Măsurarea se face pentru fiecare bobinaj față de masă și între toate bobinajele. Se recomandă ca, la această încercare temperatura uleiului să nu fie mai mică de $+10^{\circ}\text{C}$ (de preferat este temperatura de $+60^{\circ}\text{C}$).

19.4.2. MĂSURAREA ÎN CURENT CONTINUU A REZISTENȚEI BOBINAJELOR

Măsurarea se face la toate bobinajele distincte ale transformatorului și pe toate ploturile comutatorului de prize. La transformatoarele care au neutrul accesibil măsurarea rezistențelor se poate face pe fiecare fază în parte. La transformatoarele care nu au neutrul accesibil se vor măsura rezistențele între faze și se vor determina rezistențele pe fază prin calcul. La conexiunea în stea se măsoară dublul rezistenței pe fază, iar la conexiunea în triunghi, rezistența unei faze legată în paralel cu rezistența celorlalte două faze (în serie).

Măsurarea rezistenței bobinajelor în curent continuu se face cu ajutorul punții sau cu ajutorul ampermetrului și voltmetrului.

Rezistențele, măsurate pe același plot, ale bobinajelor diverselor faze trebuie să nu difere una față de cealaltă și nici față de datele fabricii, cu mai mult de 5%. O rezistență a bobinajelor care are valori mai mari de cât cele nominale indică fie contacte slabe, fie lipituri necorespunzătoare sau întreruperi la executarea bobinajelor cu mai multe căi în paralel.

19.4.3. DETERMINAREA UMIDITĂȚII IZOLAȚIEI BOBINAJELOR

În aprecierea gradului de umiditate a izolației bobinajelor se determină coeficientul de absorbție $\frac{R_{60}}{R_{15}}$, care se măsoară după descărcarea la pământ a sarcinilor reziduale, timp de cel puțin 3 min. Coeficientul de absorbție $\frac{R_{60}}{R_{15}}$ se determină prin măsurarea cu megohmetrul a rezistențelor de izolație R_{60} și R_{15} . Cu cât coeficientul de absorbție este mai mare, cu atât izolația este mai uscată. Orientativ $\frac{R_{60}}{R_{15}}$ trebuie să fie mai mare decât 1,3.

19.4.4. MĂSURAREA TANGENTEI UNGHIIULUI DE PIERDERI DIELECTRICE (tg δ)

Măsurarea tg δ se face asupra izolației înfășurărilor și izolatoarelor de trecere ale transformatoarelor electrice cu ajutorul unor punți de capacități, în curent alternativ. În mod curent se utilizează puntea Shering de înaltă tensiune.

Măsurările se fac:

- cu tensiunea nominală a bobinajului pentru bobinajele având tensiunea nominală de cel mult 10 kV;
- cu tensiunea de 10 kV pentru bobinajele având tensiunea mai mare de 10 kV.

Orientativ, valorile tg δ la temperatura de 20°C trebuie să nu depășească valoarea de 5%.

19.4.5. MĂSURAREA RIGIDITĂȚII DIELECTRICE A ULEIULUI

Determinarea rigidității dielectrice se face cu un aparat special construit, în care se realizează o tensiune înaltă capabilă să străpungă uleiul ce se găsește într-un vas în care se află doi electrozi la o anumită distanță:

$$E = \frac{U_{str}}{d} \text{ [kV/cm]} \quad (19.2)$$

Valoarea rigidității dielectrice pentru uleiul electroizolant din transformatoare trebuie să aibă minimum valorile: 100 kV/cm pentru transformatoare cu tensiunea pînă la 20 kV; 150 kV/cm la cele de 35—110 kV și 180 kV/cm la cele de 220—400 kV.

19.4.6. MĂSURAREA REZISTENȚELOR DE IZOLAȚIE ALE BULOANELOR DE STRÎNGERE

Măsurarea se face cu megohmmetrul de 500 sau 1 000 V atunci cînd bu-loanele devin accesibile cu ocazia decuvării transformatorului. Rezistența de izolație se măsoară între fiecare bulon și corpul metalic al transforma-torului; valorile R_{iz} nu se normează.

19.5. TEHNOLOGIA CURĂȚIRII ȘI REGENERĂRII ULEIULUI ELECTROIZOLANT

Funcțiile uleiurilor izolante din echipamente electrice sînt următoarele:
— izolarea părților sub tensiune între ele și față de masă;
— impregnarea izolației solide (hîrtie, preșpan) pentru îmbunătățirea constantei dielectrice;

— disiparea energiei termice generate de partea activă a transforma-toarelor de putere;

— evitarea descărcărilor parțiale;

— stingerea arcului electric care ia naștere în întreruptoare.

Impurificarea uleiurilor electroizolante cu cantități infime de substanțe străine solubile sau insolubile înrăutățește nivelul de izolație al echipa-mentului electric și îi micșorează siguranța de exploatare. Ca urmare, atît uleiul nou, cît și cel din exploatare trebuie protejat contra poluării, prin respectarea tuturor măsurilor care se impun începînd cu transpor-tarea, depozitarea, manipularea și controlul uleiului în perioada de ex-ploatare. Acest complex de operații se poate efectua în unități speciali-zate denumite *gospodării de ulei*.

Transportul uleiului electroizolant se face direct de la rafinării în cis-terne speciale C.F.R. sau în autocisterne.

Depozitarea uleiului se face în rezervoare metalice pe sorturi, care se deosebesc prin gradul lor de puritate: ulei nou, ulei recondiționat, ulei alterat (care se predă la colectare). Suprafețele interioare ale rezervoa-relor și butoaielor metalice folosite pentru depozitarea uleiului electro-izolant se vor controla anual și dacă există depuneri de gudroane sau rugină se vor curăța cu țesături de pînză care nu lasă scame. Finisarea operațiilor de curățire se va face prin spălare cu ulei electroizolant nou. La butoaie se va face o clătire cu ulei izolant cald. La transvazarea uleiui se vor folosi furtunuri flexibile sau, în lipsa acestora, furtunuri din cauciuc sintetic cu inserție de pînză. Se interzice utilizarea cauciucului natural, care este solubil în uleiul electroizolant. La umplerea butoaielor se va lăsa un mic spațiu liber (4—5 l) pentru dilatarea uleiului. Bușonul trebuie să asigure o închidere etanșă, prin utilizarea unor garnituri de cauciuc sintetic.

Impuritățile care compromit proprietățile uleiului electroizolant sînt următoarele:

Apa. Apariția apei în ulei se poate datora:

— aerului atmosferic, care pătrunde, odată cu răcirea transformato-rului, în conservatorul de ulei printr-un filtru cu silicagel a cărui capa-citate de absorbție a ajuns la saturație;

— degradării celulozei din izolația solidă (preșpan, pertinax, hîrtie).

Prezența apei în ulei micșorează rigiditatea dielectrică a uleiului și accelerează degradarea izolației de hîrtie.

Impuritățile mecanice sînt particule solide care pot impurifica uleiul. După originea lor, ele se împart în trei categorii:

- produse insolubile care au luat naștere prin oxidarea uleiului sau degradarea izolației solide;
- produse generate de condițiile normale de serviciu ale echipamentului (cărbone în suspensie, oxizi metalici);
- produse care rezultă în urma unei curățiri necorespunzătoare a cuvelor, înainte de umplerea lor cu ulei.

Impuritățile solubile sînt substanțe solubile în uleiul izolant, indiferent dacă provin din contaminare din exterior, dizolvarea unor materiale utilizate la construcția echipamentului electric sau oxidarea hidrocarburilor nestabile din componența uleiurilor.

Efectul impurităților asupra proprietăților uleiului constă în înrăutățirea caracteristicilor electrice ale uleiului și anume: a rigidității dielectrice, a rezistivității, a permitivității (constantei dielectrice) și a unghiului de pierderi dielectrice. În figura 19.8 este reprezentată variația rigidității dielectrice a uleiului în funcție de conținutul de apă. De pe această curbă se observă că pentru anumite valori ale umidității, are loc o scădere bruscă a rigidității dielectrice a uleiului. Apa din ulei poate fi absorbită de izolația de hîrtie a înfășurărilor transformatoarelor sau a tijeilor electroizolante din dispozitivul de acționare al întreruptoarelor de înaltă tensiune. Pentru zona temperată, curbele cantității de apă din izolația de hîrtie arată ca în figura 19.9.

Aceste curbe, deși au un caracter de orientare, permit să se stabilească concluzii practice importante.

Din curbele prezentate rezultă că, dacă un transformator este bine încărcat în exploatare, izolația se menține în bune condiții fără să fie necesare măsuri speciale. De asemenea, se constată că la temperaturi scăzute, de exemplu la temperatura mediului ambiant de 10°C, conținutul de umiditate din izolația de hîrtie este foarte ridicat și devine periculos pentru calitățile izolante ale hîrtiei, în timp ce conținutul de umiditate din ulei este mic și aproape neobservabil. Prin urmare, deși rigiditatea dielectrică a uleiului este satisfăcătoare, rigiditatea dielectrică a izolației de hîrtie este complet nesatisfăcătoare.

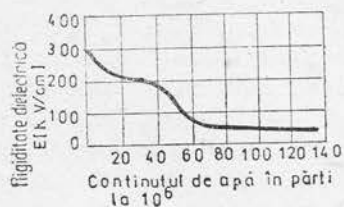


Fig. 19.8. Variația rigidității dielectrice a uleiului, în funcție de conținutul de apă a acestuia, exprimată în părți per milion.

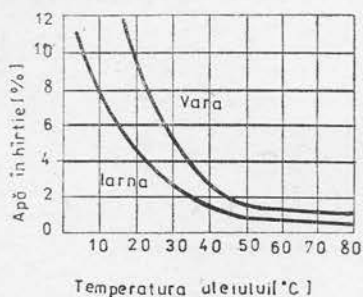


Fig. 19.9. Variația procentuală a conținutului de apă în hîrtie în zona temperată.

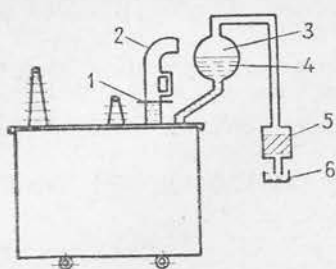


Fig. 19.10. Conservatorul de ulei al unui transformator: 1 — membrană; 2 — tub de expansiune; 3 — aer curat; 4 — conservator de ulei; 5 — filtru de aer; 6 — supapă.

degradări prin oxidare. În contact cu aerul, uleiul cald se oxidează. Rezistența la oxidare a uleiurilor se poate îmbunătăți prin adăugarea în ulei a unor substanțe care împiedică oxidarea uleiului, denumiți *inhibitori de oxidare*, sau prin punerea transformatorului închis ermetic sub azot. Unul dintre inhibitorii utilizați este un antioxidant fenolic diterțiar-butil-paracresol, notat d.tb.p.c. La uleiurile tratate cu inhibitori, procesul de îmbătrânire începe să se manifeste după 15—20 de ani de serviciu.

Pe de altă parte temperatura uleiului în conservator este net inferioară temperaturii uleiului în cuva transformatorului, deci absorbția de umiditate și îmbătrânirea uleiului se produc mult mai lent.

Pentru a se reduce și mai mult efectul nociv al aerului umed, numeroase conservatoare sînt legate la atmosferă prin intermediul unui filtru de aer. La fiecare răcire a transformatorului uleiul coboară în transformator; există deci o absorbție de aer, care trecînd prin stratul absorbant conținut în filtrul de aer (silicagel, în trecut — clorură de calciu) pierde umiditatea sa. Silicagelul (hidrogelul acidului silicilic) nu se folosește în stare pură, ci cu un adaos de clorură de calciu și cu un adaos mic de clorură de cobalt, care dă silicagelului uscat o culoare albastră; sub influența umidității absorbite culoarea devine roșie. Caracteristicile higroscopice ale silicagelului pot fi refăcute, condiționîndu-l la o temperatură de 400—500°C.

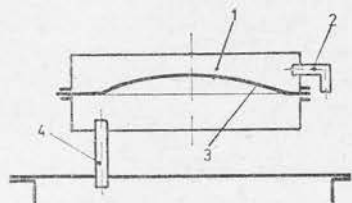


Fig. 19.11. Instalație de izolare a uleiului față de influența mediului ambiant: 1 — conservator de ulei; 2 — intrarea aerului; 3 — membrană elastică; 4 — țevă de legătură între conservator și transformator.

Controlul uleiului la transformatoarele care sînt în rezervă sau în depozit este de aceea foarte important. Este necesar ca filtrul cu silicagel al conservatorului să fie bine întreținut. Este necesar de menționat că filtrul cu silicagel asigură în acest caz protecția sigură a izolației transformatorului contra umidității.

Conservatorul de ulei sau rezervorul de expansiune (fig. 19.10) este un rezervor așezat deasupra capacului transformatorului. El este în comunicație cu cuva transformatorului printr-o instalație de țevi de legătură pornind din partea sa inferioară și este jumătate plin cu ulei. Rolul său este de a proteja uleiul transformatorului contra unei

O metodă de protecție eficientă contra acțiunii umidității și aerului, la transformatoarele electrice, constă în izolarea uleiului față de influența mediului ambiant printr-o membrană elastică din material plastic, după cum se vede în figura 19.11. Chiar la această construcție, unde uleiul este complet separat de aer, apare apă în ulei și în izolația de hîrtie prin descompunerea celulozei, dar cantitatea de apă care apare este foarte mică. Acest mod de protecție reprezintă o soluție care este superioară în exploatare față de celelalte soluții cunoscute.

19.5.1. CONTROLUL ULEIURILOR ÎN EXPLOATARE

Deoarece înrăutățirea proprietăților fizice, chimice și dielectrice ale uleiurilor electroizolante afectează funcționarea sigură a echipamentelor și poate contribui la reducerea duratei lor de utilizare, supravegherea uleiurilor din exploatare printr-un riguros control de laborator face parte integrantă din încercările profilactice la care sînt supuse periodic echipamentele electrice.

19.5.2. PRELEVAREA PROBELOR DE ULEI

Probele de ulei se colectează direct din vasul în care se transportă la laborator, respectîndu-se următoarele condiții:

- probele de ulei se colectează numai pe timp senin, uscat fără precipitații;

- probele se recoltează în vase de sticlă incoloră de 1 l, care trebuie să fie curate și uscate; înainte de introducerea probei în vas, acesta se clătește de 2—3 ori cu uleiul probat;

- înainte de recoltarea probei se purjează o cantitate de 1—10 l de ulei, în funcție de capacitatea cuvei, rezervorului sau cisternei, pentru a se scurge eventuala apă din partea de jos a recipientului;

- sticlele cu probele de ulei se astupă ermetic, de preferință cu un dop de sticlă; folosirea dopurilor de cauciuc este interzisă;

- umplerea sticlelor se va face în așa fel, încît jetul subțire de ulei să nu producă spumă și sub dop să rămînă cel mult 20 ml de aer;

- probele de ulei colectate pe timp rece se desfac numai după ce au căpătat temperatura încăperii; în caz contrar, uleiul se umezește rapid prin condensarea vaporilor din atmosferă pe suprafața sa.

19.5.3. CONDIȚII TEHNICE DE CALITATE

Uleiul pentru transformatoare și întreruptoare electrice este notat Tr 30, conform STAS 871-81.

Calitățile pe care trebuie să le aibă uleiul electroizolant neaditivat folosit pentru transformatoarele și întreruptoarele electrice sînt stipulate prin STAS 811-72. Caracteristicile uleiului de bună calitate sînt date în tabelul 19.4.

Dacă uleiul nu corespunde la una sau mai multe probe de calitate, este necesar ca uleiul respectiv să fie regenerat, iar în cazuri deosebite se va înlocui cu altul cu calități corespunzătoare.

19.6. CURĂȚAREA ȘI REGENERAREA ULEIULUI

Tratarea uleiului electroizolant se face prin metode mecanice și metode chimice.

Principalele metode de curățare mecanică sînt: decantarea, centrifugarea, filtrarea, spălarea. Prin aceste metode se îndepărtează din ulei apa, nămolul insolubil, cărbunele și alte impurități.

Condiții tehnice de calitate pentru uleiurile electroizolante

Caracteristici	Valoarea	Metode de analiză
Aspect	limpede fără suspensii	vizual
Densitatea la 20°C max	0,890	STAS 35-73
Viscozitatea convențională 20°C, °E max.	4	STAS 117-66
Punct de inflamabilitate, °C min.	140	STAS 5488-80
Punct de congelare, °C max.	— 40	STAS 39-80
Aciditate organică, mg KOH/g max.	0,03	STAS 23-75
Aciditate minerală și alcalinitate	lipsă	STAS 22-64
Impurități mecanice	lipsă	STAS 33-78
Coroziune	negativ	STAS 40-73
Furfurol	lipsă	STAS 3663-80
Stabilitate la oxidare: — aciditate organică, mg KOH/g.max. — gudroane, % max.	0,35 0,10	STAS 6798-63

Rigiditatea dielectrică, kV/cm	Tensiunea, kV	Transformatoare			STAS 286-73
		20	35—110	220—400	
	după umplere	150	180	200	
	în exploatare	100	150	180	
	Tensiunea, kV	Înteruptoare			
		20	35—110	220—400	
	după umplere	120	140	160	
	în exploatare	—	120	140	

Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la +90°C	Ulei	Valoare max. a tg δ la 90°C	STAS 6799-71
	— proaspăt, recondiționat fizic — după umplere (probă obligatorie la transformatoarele cu $U_{nom.} \geq 35$ kV) mon	5 · 10 ⁻³ 5 · 10 ⁻³	
	— în exploatare la transformatoare cu $U_n \leq 20$ kV — 35...110 kV — 220...400 kV	250 · 10 ⁻³ 150 · 10 ⁻³ 50 · 10 ⁻³	

Metodele chimice de regenerare a uleiului sînt: metoda cu acid sulfuric, metoda cu alcalii și pămînt decolorant și tratarea cu absorbantî.

După o tratare executată corect, uleiul trebuie să-și recapete calitățile inițiale și rezultatele obținute la analize să corespundă normelor în vigoare.

Curățarea uleiului. Una dintre metodele cele mai simple de curățare a uleiului este *decan-tarea*. Lăsarea uleiului într-un vas un timp mai îndelungat fără să se producă nici un fel de mișcare, duce la separarea uleiului de celelalte substanțe. Apa și impuritățile mecanice, care au greutatea specifică mai mare, se vor depune la fund. Avîndu-se în vedere simplitatea și utilajul redus, este indicat ca această metodă să fie adoptată la tratarea uleiurilor în cadrul gospodăriilor de ulei. Pentru uleiul detransformator decantarea se face în condiții optime la temperatura de 30 ... 40°C.

Decantarea uleiului se face în rezervoare de ulei, care trebuie să aibă realizată posibilitatea de evacuare a nămolului și impurităților (fig. 19.12). În prima variantă (a), fundul rezervorului se execută cu o anumită înclinare în direcția orificiului de scurgere. O soluție mai bună este reprezentată în varianta (b), la care rezervorul este prevăzut cu al doilea fund din tablă de oțel, cu orificii pentru separarea uleiului curat de uleiul cu impurități. Se evită astfel și agitarea sedimentului la adăugarea de ulei.

Metoda de curățare a uleiului prin decantare are dezavantajul că necesită un timp îndelungat și nu este eficace în totalitate.

O metodă mai rapidă și care este mai eficace este curățarea uleiului prin *centrifugare*. Uleiul se supune unei învîrtiri rapide, astfel încît particulele mai grele decît uleiul sînt eliminate datorită forței centrifuge spre pereții vasului iar lichidul se împarte în straturi. Spre pereți se va afla lichidul mai greu, urmînd celelalte lichide în ordinea greutății lor specifice; în spre axul de rotire se așează lichidele cele mai ușoare și în continuare aerul (fig. 19.13).

În instalațiile de centrifugare uleiul este mai întîi supus unei filtrări grosiere, apoi se încălzește, se centrifughează și se usucă în vid.

Trebuie remarcat că această metodă are dezavantajul predisunerii uleiului la oxidare. Centrifugarea repetată a uleiului, contribuie la îmbătrînirea lui prematură.

O metodă mai perfecționată pentru îndepărtarea apei este *uscarea în vid a uleiului*. Realizarea unui proces de uscare printr-o pulverizare corectă, la un vid de 90% și la temperatura de 45°C, conduce practic la uscarea totală a uleiului. Datorită rapidității uscării, nu are loc nici un fel de oxidare a uleiului.

În figura 19.14 este reprezentată schema uscării uleiului prin pulverizare. După o primă curățire a uleiului, cu ajutorul unei centrifuge 1, acesta este introdus în circuit de pompa 2. În schimbătorul de căldură 3 și în încălzitorul 4, uleiul este adus la

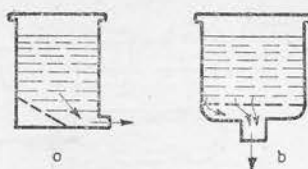


Fig. 19.12. Rezervoare de decantare a uleiului:
a — rezervor cu fund înclinat; b — rezervor cu dublu fund.

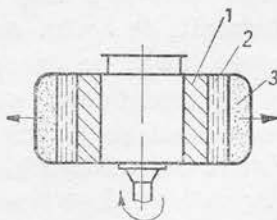


Fig. 19.13. Sistem de separare a apei din ulei prin centrifugare:
1 — ulei; 2 — apă; 3 — sedimente.

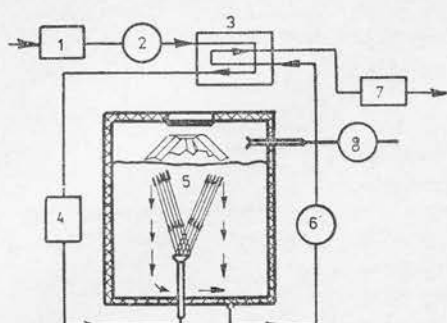


Fig. 19.14. Schema de uscare a uleiului prin pulverizare.

temperatura de 45°C și se pulverizează în recipientul 5. Din acest recipient, cu ajutorul pompei 6 este trecut prin schimbătorul de căldură 3 și filtru-presă 7. Vidul în recipientul 5 se realizează cu ajutorul pompei de vacuum 8.

Avându-se în vedere că instalațiile de uscare în vid sînt complexe, curățirea uleiului poate fi realizată, în condiții bune, prin completarea instalației de centrifugare a uleiului cu o instalație de filtrare.

Trecînd uleiul printr-un mediu poros format din hîrtie carton, diverse țesături, se rețin impuritățile inclusiv apa.

Pentru ca filtrarea să aibă loc cu maximum de eficacitate este necesar ca uleiul să fie încălzit la $40 \dots 50^{\circ}\text{C}$. Instalațiile de filtrare funcționează la o presiune de 4—5 at; schimbarea foilor de filtru se face în mod normal o dată pe oră.

Regenerarea uleiului. Posibilitatea de regenerare a uleiului se bazează pe faptul că îmbătrînirea se restrînge la numai 3—5% din hidrocarburile principale ale uleiului, cealaltă parte rămînînd din punct de vedere calitativ neschimbată. Astfel, regenerarea se reduce de fapt la înlăturarea din ulei a unei mici cantități de produse de descompunere care împiedică folosirea ulterioară a uleiului.

O metodă eficientă prin care se pot restabili toate proprietățile uleiului este metoda de regenerare cu acid, alcalii și pămînt decolorant.

Amestecul acidului sulfuric cu uleiul se face prin barbotare cu aer comprimat, după ce se trece prin niște recipiente în care se găsesc cocs și var. Cantitatea de acid sulfuric este 0,5—1% din cantitatea de ulei și depinde de starea uleiului. Acidul sulfuric leagă compușii nestabili și îi transformă în gudroane acide. După tratarea cu acid, se lasă uleiul să decanteze timp de 2 h iar gudroanele acide se îndepărtează.

A doua operație este alcalinizarea, care are ca scop neutralizarea resturilor de acid sulfuric, de acizi organici și saponificarea esterilor și a altor substanțe care nu au fost atinse de acidul sulfuric. Se folosește hidroxid de sodiu. Amestecarea se face cu amestecător mecanic. După aceea, uleiul se decantează și se îndepărtează leșia și emulsia formată.

În ultimul timp, s-au răspîndit metode de regenerare a uleiului care se bazează pe fenomenul de absorbție a produselor de oxidare din ulei. Astfel, se utilizează absorbanți naturali sau artificiali (cărbune amorf sau activat, diverși silicați de aluminiu naturali denumiți pămînturi decolorante, silicagel cum se numește hidrogelul acidului silicilic, oxid de aluminiu etc.).

Regenerarea uleiului cu ajutorul absorbanților poate fi efectuată în două feluri:

— uleiul se amestecă cu absorbantul măcinat mărunt; operația se face la temperaturi ridicate, apoi se face filtrarea amestecului (metoda de contact);

— uleiul se filtrează printr-un strat de absorbant (metoda filtrării sau percolării).

La metoda de contact se utilizează pământuri decolorante. Uleiul se încălzește la 80...90°C și se amestecă cu absorbant măcinat fin și încălzit în prealabil. Amestecul de ulei se agită mecanic sau cu aer comprimat, după care se filtrează.

La metoda de filtrare se folosește silicagelul și alumină activată.

**TEHNOLOGII DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARARE
A ÎNTRERUPTOARELOR ELECTRICE, INSTALAȚIILOR
ELECTRICE, INSTALAȚIILOR ELECTRICE
ALE MAȘINILOR UNELTE, MAȘINILOR DE RIDICAT
ȘI TRANSPORTAT, POMPELOR, VENTILATOARELOR
ȘI COMPRESOARELOR**

CAPITOLUL 20

**TEHNOLOGIA ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII
ÎNTRERUPTOARELOR ELECTRICE**

20.1. GENERALITĂȚI

Întreruptoarele sînt aparate electrice ale instalațiilor de joasă și înaltă tensiune destinate pentru conectarea și deconectarea circuitelor aflate sub sarcină, precum și pentru deschiderea acestora în cazul scurtcircuitelor.

Mentenanța instalațiilor electrice reclamă o activitate de exploatare, întreținere, reparații îndreptată în mod special și asupra comportării întreruptoarelor electrice. Mentenanța reprezintă, de altfel, totalitatea acțiunilor planificate și neplanificate de control, testare, întreținere și reparație, efectuate asupra unei instalații în vederea obținerii unui nivel de siguranță dat.

Sînt definite două genuri de mentenanță:

— *mentenanța preventivă*, cu scop principal de reducere a riscurilor de producere a unui defect, în special prin acțiuni de încercări profilactice (testare), de schimbare a unor piese supuse uzurii, de revizii și reparații planificate ș.a.;

— *mentenanța corectivă*, cu scopul principal de înlăturare imediată a funcționărilor defectuoase sau avariilor.

În mentenanță se încadrează activitățile de exploatare, întreținere, reparație și probe profilactice.

În timpul exploatării întreruptoarele sînt supuse unor solicitări deosebite la care trebuie să reziste în bune condiții. Întreruperea curenților capacitivi ai liniilor electrice în gol și ale bateriilor de condensatoare este o solicitare dificilă pentru întreruptor. La întreruperea curenților capacitivi, care au valori relativ mici, apar supratensiuni la bornele întreruptorului mai mari decît în cazul unui scurtcircuit. Deschiderea unei linii în gol este de fapt deschiderea unei capacități legate în paralel cu o rezistență (reprezentînd rezistența de izolație a liniei). Descărcarea capacității peste rezistența de izolație a liniei se face relativ încet. Fenomenul se observă mult mai ușor la o linie subterană (cablu) decît la o linie aeriană de energie electrică.

O situație asemănătoare o prezintă deschiderea în gol a transformatoarelor, care pune de asemenea probleme dificile funcționării întreruptoarelor.

Întreruperea curenților mici inductivi sau capacitivi produce supra-tensiuni de comutație, care în anumite cazuri străpung izolația, ceea ce face să apară curenți de scurtcircuit de valoare mare.

O altă înprejurare specială la care sînt solicitate întreruptoarele este cuplarea și decuplarea a două rețele nesincrone. Sînt cazuri în care unele întreruptoare trebuie să separe două generatoare sau două rețele ale căror tensiuni sînt în opoziție de fază. În aceste situații, solicitările spațiului dielectric între contacte sînt deosebite.

Aparatele electrice din categoria întreruptoarelor cuprind întreruptoarele și comutatoarele de joasă tensiune, întreruptoarele de înaltă tensiune și dispozitivele de acționare, care pot face corp comun cu întreruptorul sau sînt separate.

Vom enumera mai jos cîteva tipuri de întreruptoare de joasă și înaltă tensiune care se produc în țară și sînt mai răspîndite în instalațiile electrice ale întreprinderilor industriale.

20.1.1. APARATAJ DE JOASĂ TENSIUNE CU COMUTAȚIE MANUALĂ

Întreruptoare cu pîrghie. Aceste aparate sînt mult folosite atît în industrie, cît și în instalațiile semiindustriale la acționarea motoarelor electrice (polizoare etc.) din ateliere izolate etc.

Deoarece întreruptoarele cu pîrghie nu au capacitate de rupere mare și nu se deschid automat, în cazul unui scurtcircuit ele nu pot proteja circuitul sau receptorul de energie electrică. De aceea ele trebuie să fie montate în serie cu siguranțe fuzibile care să facă protecția la scurtcircuit.

Întreruptoare și comutatoare pachet. Aceste aparate sînt dintre cele mai răspîndite aparate neautomate. (Se cunosc sub denumirea de PACCO).

Deoarece nu pot întrerupe curentul absorbit de un motor blocat (de circa $6 I_n$), întreruptoarele pachet nu se folosesc decît pentru acționarea motoarelor mici de pînă la 3 kW, pentru care se utilizează întreruptoare pachet de 10 A. Întreruptoarele pachet cu intensități nominale mai mari se folosesc pentru circuite de lumină, sau comutatoare de circuite și ele nu vor întrerupe decît suprasarcini de maximum $1,25 I_n$. Pentru a se proteja circuitul și înseși întreruptoarele pachet împotriva scurtcircuitelor, în serie cu ele se montează elemente de protecție cum sînt siguranțele fuzibile.

Comutatoare cu came. Comutatoarele cu came se utilizează în circuitele primare și de comandă. Cu ajutorul comutatoarelor cu came se pot realiza cu ușurință diferite scheme electrice.

20.1.2. APARATAJ PENTRU AUTOMATIZĂRI

Contactoare. Contactoarele sînt cele mai răspîndite aparate din instalațiile de comandă și automatizare. Practic pentru conectarea și deconectarea fiecărui motor electric, la fel ca și pentru alte receptoare, cum sînt rezistențe, condensatoare, instalații de iluminat, cuptoare etc., se folosesc contactoare, deoarece ele permit acționarea de la distanță la primirea unui impuls care poate fi dat manual sau automat, au o frec-

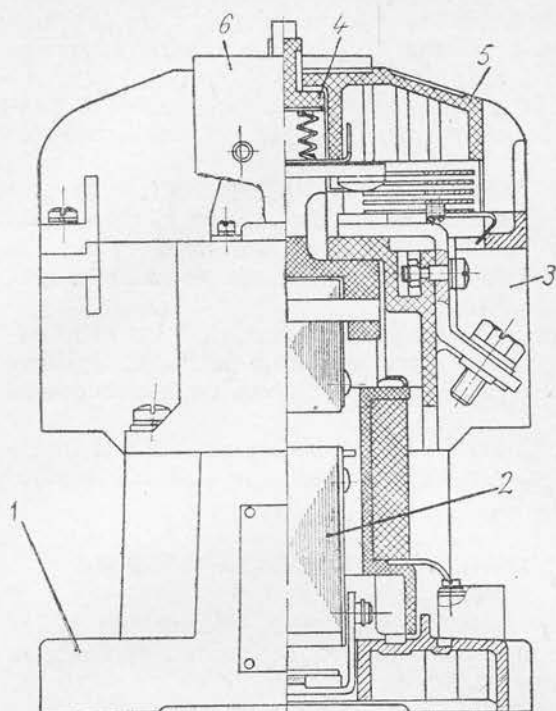


Fig. 20.1. Elemente componente ale unui contactor cu translație:

1 — soclu; 2 — echipajul fix; 3 — corpul izolan cu tațele fixe; 4 — echipajul mobil; 5 — camere de stingere; 6 — contacte auxiliare.

vență mare de conectare și o rezistență mare la uzura electrică și mecanică. Numărul de contactoare din instalațiile moderne de automatizare este foarte mare și de buna lor funcționare depinde în mare măsură siguranța în exploatare a întregii instalații.

Cele mai răspândite contactoare sînt cele electromagnetice, care acționează în circuitele de curent alternativ (contactoare de curent alternativ). Electromagnetul lor de acționare poate fi alimentat cu tensiune alternativă (în cea mai mare parte a cazurilor) sau continuă (în anumite utilizări speciale). În instalații există o diversitate foarte mare a contactoare de curent alternativ de diferite fabricații. Cele mai răspândite contactoare (cu mișcare de translație) de fabricație indigenă sînt seriile AC₃ și TCA (fig. 20.1).

Limitatoare de cursă. Aceste aparate se utilizează în instalații de automatizare. Cele pentru circuitele principale (cu pîrghie sau cu șurub) de 25, 63, 100 A, servesc ca elemente de protecție în diferite scheme și sînt acționate de către diferite elemente mecanice (șanii de acționare, tije etc.).

20.1.3. ÎNTRERUPTOARE AUTOMATE

Întreruptoarele automate sînt o importantă categorie de aparate care efectuează protecția motoarelor și instalațiilor împotriva suprasarcinilor și în special a curenților de scurtcircuit.

Cele mai reprezentative întreruptoare automate fabricate în țară sînt următoarele:

Întreruptoare automate monopolare (25 A). Ele sînt destinate pentru protecția diferitelor instalații interioare monofazate. Acționarea manuală de închis-deschis se efectuează cu o mică tijă mobilă, iar declanșarea automată este asigurată de relee termice și electromagnetice, cu reglaj fix.

Contactoare automate în ulei tip DITU (25 ... 100 A). Aceste aparate poartă denumirea simbolică DITU (ultima literă are semnificația „ulei”). Domeniul lor principal de utilizare este protecția motoarelor electrice cu tensiuni nominale pînă la 500 V. Elementul activ este constituit din-

tr-un electromagnet de curent alternativ, a cărui armătură mobilă poartă patru contacte. Închiderea și respectiv deschiderea întreruptorului se face prin aplicarea, respectiv întreruperea tensiunii la bobina electromagnetului, fiind deci un întreruptor cu bobină de reținere.

Aceste aparate nu au o protecție contra scurtcircuitelor, aceasta realizându-se de obicei cu siguranțe montate separat.

Contactoare automate în aer. Aceste aparate rezultă din combinația unor contactoare obișnuite cu un bloc de rele (termice sau electromagnetice).

O construcție mai veche utilizează contactoarele tip DITA (litera finală semnifică „aer“), acționate printr-un electromagnet de curent alternativ (DITA 25 ... 100 A).

O construcție mai nouă de contactoare cu rele utilizează contactoarele tip AC₃ împreună cu un bloc de rele termice (AC₃ 10 ... 200 A).

Întreruptoare automate în aer. Constructiv, aparatele sînt prevăzute cu un mecanism de zăvorîre care le menține în poziția închis. Operația de închidere se poate efectua manual, iar pentru unele tipuri, cu dispozitive acționate prin electromagneți sau electromotoare. Pe lângă deschiderea manuală, întreruptoarele pot declanșa automat prin:

- rele termice;
- rele electromagnetice (rapide sau cu temporizare);
- bobină de minimă tensiune (cu sau fără temporizare).

În categoria întreruptoarelor automate în aer intră următoarele tipuri: DITA (350 ... 1 000 A); ISOL (100 ... 250 A); AMT (200 ... 400 A); OTOMAX (1 000 ... 25 000 A).

Întreruptoare tip DITA. Aceste întreruptoare pot fi utilizate atît pentru protecția electromotoarelor mari cît și la protecția liniilor sau circuitelor de forță. Ca elemente de protecție posedă rele termice, rele electromagnetice rapide, bobină de minimă tensiune sau bobină de declanșare.

Întreruptoare tip ISOL. Construcția este de tip închis, în carcasă izolantă, cu acționare manuală prin pîrghie, în execuție fixă sau debroșabilă.

Întreruptoare tip AMT. Întreruptoarele pot fi acționate la închidere manual sau prin electromagnet, iar la declanșare prin rele termice ori electromagnetice, la varianta pentru motoare are și bobină de tensiune minimă fără temporizare, iar cea pentru linii are bobină de declanșare.

Întreruptoare tip OTOMAX. Aceste întreruptoare sînt destinate pentru curenți nominali ridicați și au mare capacitate de rupere, acționare manuală sau cu electromotor, în execuție fixă sau debroșabilă.

20.1.4. APARATAJ DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Întreruptoare cu ulei puțin de tipul IUP-M-10-20. Această serie de aparate este formată din întreruptoare IUP-M de 10 și 20 kV la 630 și 1 000 A, destinate montării în instalații interioare (fig. 20.2).

Întreruptorul propriu-zis este format dintr-un grup de trei cuve care conțin camerele de stingere și contactele fixe. Cele trei contacte mobile sînt acționate simultan de către mecanismul de acționare, prin intermediul axului întreruptorului. Stingerea arcului are loc în camera de stingere cu suflaj transversal. Toate întreruptoarele IUP-M-10-20 se pot cupla cu unul dintre mecanismele de acționare de tip MRI, DPI, DMI.

Intreruptoare cu ulei puțin de medie tensiune tip IO. Aceste produse ale Uzinelor „Electroputere”-Craiova (fig. 20.3) sînt foarte răspîndite în România. Ele sînt destinate montării în instalații interioare la tensiuni de 6; 10; 15 și 20 kV, fiind dimensionate pentru curenți nominali de 400; 630; 1 250 și 2 500 A. Acționarea simultană a contactelor mobile ale

celor trei poli se realizează prin intermediul unor biele legate la polul din mijloc, care primesc mișcarea direct de la mecanismul de acționare cu arc. Închiderea și zăvorîrea arcurilor se poate face fie manual cu ajutorul unei manivele, fie electric cu un servomotor. În cazul acționării cu motor, schema electrică permite rearmarea automată a arcurilor după o comandă de închidere a întreruptorului. Pornirea și oprirea motorului se realizează de către un microîntreruptor comandat mecanic, în funcție de poziția arcurilor.

Închiderea întreruptorului constă în ridicarea bruscă a tijei contactului mobil, care unește contactul alunecător inferior și contactul fix superior. Deschiderea se face tot prin acțiunea arcurilor. Sub acțiunea lor tija coboară brusc și se separă din contactul fix superior. Arcul electric care apare acționează în uleiul proaspăt ce traversează compartimentele camerei de stingere, unde vaporizarea uleiului provoacă suflajul și stingerea.

Intreruptoare cu ulei puțin de înaltă tensiune din seria IUP. Aceste aparate sînt construite pentru tensiunile nominale de 35 și 110 kV.

Întreruptorul IUP 35 are la bază o construcție cu suflaj combinat transversal și longitudinal. Arcul electric se alungește o dată cu depărtarea contactelor — la deschidere — și descompune uleiul din zona camerei de stingere; ca urmare, crește presiunea amestecului gaz-ulei, comprimîndu-l în alveolele camerei de stingere. Amestecul comprimat se destinde antrenînd uleiul proaspăt, care atacă transversal coloana arcului electric, răcind-o și fracționînd-o, atunci cînd curentul electric alternativ al arcului scade

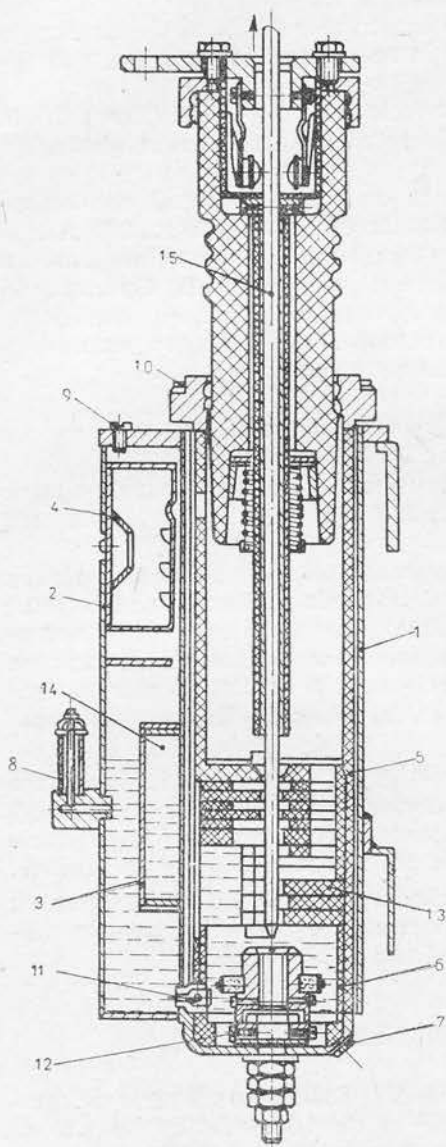


Fig. 20.2. Secțiune longitudinală prin-un întreruptor de tip IUP-M-10:
1 — cilindru metalic; 2 — rezervor auxiliar; 3 — cameră elastică; 4 — separator de ulei; 5, 6 — cilindri izolanti; 7 — bușon de goliere; 8 — indicator de nivel; 9 — bușon de umplere; 10 — izolator de trecere; 11 — ventil; 12 — contact tulipă; 13 — cameră de stingere; 14 — pătură de aer; 15 — contact mobil.

(spre trecerea prin zero). Suplimentar, este injectat longitudinal ulei proaspăt, iar arcul electric este stins cu urmare a efectului combinat al celor două suflaje.

Întreruptoare cu rupere rapidă din seria IO. Întreruptoarele IO-110, 220 și 400 kV, de tipul „ortoejector” rapide, cu ulei puțin sînt destinate pentru protecția liniilor electrice și stațiilor de distribuție de 110...400 kV, și sînt realizate prin înserierea a două, patru sau șase becuri de rupere (camere de stingere) identice și 1, 2 sau 3 coloane izolate față de masă.

Ansamblul cameră de stingere este compus dintr-o carcasă de porțelan care cuprinde: un tub izolant de rezistență, camera de stingere rigidă cu suflaj transversal-longitudinal, suportii de contacte și contactele fixe respective, și contactul mobil.

Camerele de stingere sînt grupate cîte două, formînd un V, astfel ca un singur mecanism să comande două contacte ale acestui ansamblu. Mecanismul de comandă de tip MOP-1, asigură închiderea și deschiderea trifazată a întreruptorului IO-110 kV.

Întreruptoare cu hexafluorură de sulf (SF_6) Aceste întreruptoare au puteri de rupere mari, au gabarite mici, camere de stingere de construcție simplificate și sînt robuste.

Utilizarea hexafluorurii de sulf ca agent de stingere și răcire a arcului electric în întreruptoare rezolvă cu succes pretențiile ce se cer întreruptoarelor pentru mari puteri de rupere. S-au realizat întreruptoare (cu SF_6) pînă la puteri de 45 000 MVA la tensiuni de 525 kV. Utilizarea lor nu este încă prea răspîndită din cauza proprietății hexafluorurii de sulf de a se lichefia la temperaturi obișnuite ale mediului înconjurător, la presiuni relativ coborîte.

Întreruptoare cu suflaj magnetic. De un succes deosebit, datorită gabaritului redus și puterii relativ ridicate, ca urmare a alungirii arcului electric în formă de spirală în spațiu, se bucură întreruptoarele cu suflaj magnetic. În România este în curs de asimilare un astfel de întreruptor după tipul „Solenarc” — Franța.

Întreruptoarele „Solenarc” se construiesc pentru tensiuni nominale cuprinse între 7,2 și 24 kV și pentru curenți de la 400 A la 1 250 A. Puterea lor de rupere variază între 150 și 300 MVA.

Principiul de funcționare al întreruptorului cu suflaj magnetic se bazează pe deionizarea naturală a gazelor prin răcire. Arcul electric ce apare între contact, în momentul deschiderii lor, este dirijat spre o ca-

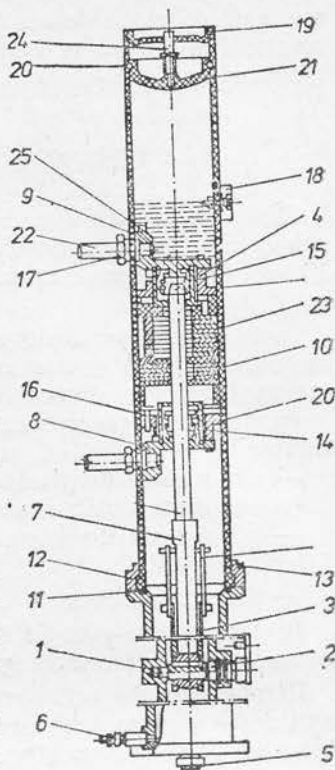


Fig. 20.3. Întreruptoare tip IO (IO-AP)10 (12)/630, 1250. Secțiune prin pol:

1 — carter; 2 — subansamblu de carter; 3 — subansamblu levier; 4 — virf de contact; 5 — pivot de ghidaj; 6 — bușă de golire; 7 — tub de ghidaj; 8 — suport bornă inferioară; 9 — suport bornă superioară; 10 — cilindru izolant; 11 — garnitură; 12 — colier; 13 — șurub cu cap hexagonal; 14 — subansamblu tulipă inferioară; 15 — subansamblu tulipă superioară; 16 — șurub de strângere; 17 — piuliță; 18 — vizor; 19 — capac; 20 — segment; 21 — supapă; 22 — bornă; 23 — cameră de stingere; 24, 25 — șurub cu cap hexagonal.

meră de stingere de construcție deosebită care îl obligă să ia forma unui solenoid și îl răcește foarte energetic prin contact cu plăcile refractare din interiorul ei.

20.1.5. DISPOZITIVE DE ACȚIONARE A ÎNTRERUPTOARELOR

Dispozitivele de acționare sînt mecanisme cu ajutorul cărora se realizează închiderea și deschiderea întreruptoarelor, mai precis spus se realizează deplasarea contactelor mobile după traiectorii precise și cu anumite viteze.

Între mecanismul de acționare și întreruptor există o legătură cinematică realizată constructiv în diverse moduri în funcție de tipurile întreruptoarelor și dispozitivelor.

În principiu un mecanism de acționare are următoarele părți componente:

- un sistem de transformare a energiei agentului motor în energie mecanică (este chiar dispozitivul de acționare);

- un sistem de cuplare-decuplare a dispozitivului de acționare cu întrerupătorul.

- diferite sisteme de comandă, de interblocare și semnalizare;

În funcție de energia folosită, dispozitivele pot fi cu resorturi, cu aer comprimat, cu electromagneți și oleopneumatice.

Dispozitive de acționare tip MR-(1; 2; 3). Aceste tipuri de mecanisme utilizează pentru închiderea întreruptorului cu care sînt cuplate energia înmagazinată în resorturi de tracțiune, întinse (tensionate) în prealabil. Aceste resorturi sînt rearmate prin servomotor (sau manual) după închiderea întreruptorului.

Dispozitive de acționare tip MRL și MRI. Acestea sînt tot dispozitive de acționare cu resorturi dar, spre deosebire de tipurile MR (care nu se mai fabrică în prezent), au posibilitatea de liberă deschidere (chiar și în timpul operației de închidere a întreruptorului). În acest mod se realizează o mai mare maleabilitate în schemele de comandă cu cicluri repetate.

Dispozitive de acționare tip DRI. Dispozitivul de acționare tip DRI folosește energia unui resort elicoidal comprimat pentru realizarea închiderii întreruptoarelor și pentru pregătirea deschiderii lor.

Dispozitive de acționare tip DPI. După cum o arată și denumirea DPI sînt dispozitive de acționare pneumatică, adică folosesc energia potențială a aerului comprimat.

Dispozitive de acționare tip DSI. Dispozitivul de acționare DSI folosește energia electrică preluată dintr-o rețea de curent continuu de 110 sau de 220 V, pentru închiderea întreruptoarelor și pentru pregătirea deschiderii lor. Este un dispozitiv electromagnetic solenoidal (DSI).

Dispozitivul de acționare oleopneumatic tip MOP-1. Dispozitivul de acționare MOP este folosit pentru acționarea întreruptoarelor tip IO de înaltă tensiune. La simbolizarea acestui dispozitiv se notează: M-mecanism, O-oleo și P-pneumatic.

Mecanismul MOP-1 (fig. 20.4) este un dispozitiv de acționare cu acumulare de energie, sub formă de gaz comprimat (azot), într-un ansamblu compus dintr-un acumulator și o butelie, montate în cabina meca-

nismului. Energia eliberată, produsă printr-o de-
tentă parțială a gazului
comprimat, este transmi-
să hidraulic la mecanis-
mul cu piston cu dublu
efect, montat pe polul în-
treruptorului, prin două
ansambluri de valve (pen-
tru închidere și pentru
deschidere), un ansamblu
țevărie și o coloană izo-
lantă de înaltă presiune.

20.2. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA ÎNTRERUPTOARELOR ELECTRICE

Solicitările deosebite la
care sînt supuse întrerup-
toarele în timpul funcțio-
nării și gradul de sigu-
ranță care se cere acestora
fac ca aceste aparate să
fie supuse unor reparații
generale planificate la ter-
mene riguros stabilite prin
norme.

Reparațiile întreruptoarelor se efectuează la termenele ce se stabilesc
prin instrucțiuni de către întreprinderile constructoare.

În cazul în care întreruptoarele funcționează cu deschideri pe scurt-
circuit se vor efectua reparații la termene mai scurte. Pentru întrerup-
toarele cu ulei și aer comprimat, reparația în această situație se va efec-
tua, de regulă, după 3—4 declanșări pe scurtcircuit, iar pentru între-
ruptoarele cu expansină după două declanșări pe scurtcircuit.

Lucrările de reparații ale întreruptoarelor se pot executa fie la locul
de montare, fie în ateliere special amenajate.

Lucrările de reparații curente executate la întreruptoare au ca scop
determinarea, în primul rînd, a fiecărui defect ascuns și un control ri-
guros al funcționării dispozitivului în parte.

După scoaterea din funcțiune a întreruptorului se verifică toate con-
tactele de legătură a întreruptorului cu barele stației pentru a se constata
dacă nu există urme de încălzire și dacă buloanele sînt bine strînse. Se
cercetează izolatoarele întreruptoarelor în scopul descoperirii crăpăturilor
sau a unor defecte ale acestora.

Se efectuează controlul legăturii cuvelor sau a cadrului întrerupto-
rului la sistemul de punere la pămînt a instalației de distribuție. O aten-

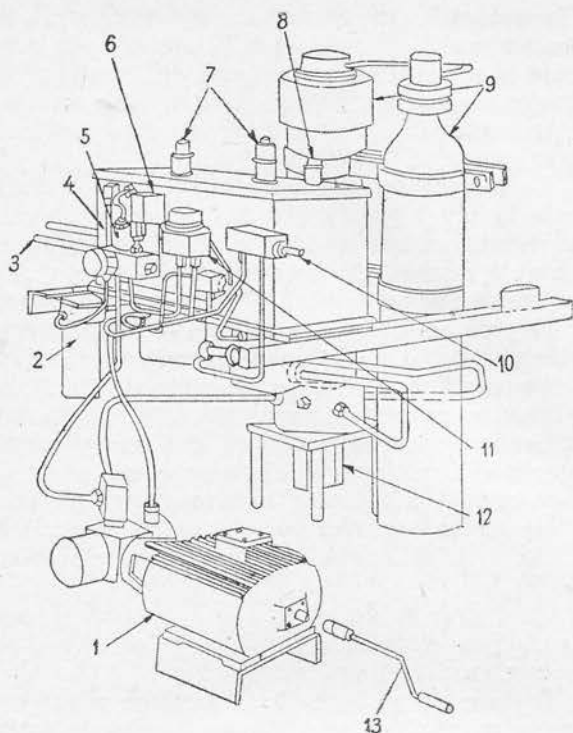


Fig. 20.4. Dispozitiv de acționare oleopneumatic
tip MDP-1:

1 — grup motor-pompă; 2, 8 — filtre; 3 — plecare în-
treruptor; 4 — nivelul uleiului din rezervor; 5 — supapă
de siguranță; 6 — presostat; 7 — electromagneți; 9 —
acumulator; 10 — dispozitiv de semnalizare; 11 — dis-
pozitiv de menținere a presiunii; 12 — microîntreruptoare
(pentru: oprirea și pornirea pompei, blocaj închidere,
blocaj deschidere); 13 — manivelă de siguranță.

ție deosebită se va acorda sistemului de legătură a întreruptorului cu mecanismul de acționare. Toate piesele acestui ansamblu vor fi verificate și puse în stare perfectă de funcționare. Se vor efectua manevre de anclanșare și declanșare pentru a se verifica corectitudinea funcționării întreruptorului. Se controlează dacă indicatorii mecanici ai poziției întreruptorului funcționează corect.

La întreruptoarele cu ulei se verifică dacă uleiul în cuve și în cilindri este la nivelul indicatorului. În cazul în care uleiul nu corespunde, este înnegrit sau are umiditate, va fi schimbat cu ulei care are calitățile cerute de norme. Cu această ocazie interiorul cuvei, cum și piesele componente se vor spăla bine cu ulei de transformator.

Se vor revizui toate sistemele de fixare și articulație, precum și uzurile pieselor dispozitivelor de acționare ale întreruptoarelor.

Se verifică funcționarea mecanismului de declanșare liberă și mecanismul care reține dispozitivul de acționare în poziția anclanșată. Se schimbă unsoarea veche cu unsoare proaspătă în ungătoare. Se verifică starea și funcționarea electromagneților de anclanșare, a bobinelor de declanșare și a releelor intermediare. Se controlează calibrarea siguranțelor și dacă acestea corespund cu curenții care circulă prin circuite.

Se verifică starea izolației circuitelor electrice cu un megohmetru de 1 000 V.

La lucrările de revizie se va efectua reparația garniturilor pentru a împiedica circulația fluidelor (ulei, aer, azot, etc.), pe la locurile unde aceste garnituri sînt montate.

Înainte de punerea în funcțiune a întreruptorului se va efectua ungerea mecanismelor și dispozitivului de acționare. În timpul iernii se vor folosi lubrifianți rezistenți la îngheț. Se va acorda o atenție deosebită mecanismului de liberă deschidere care este susceptibil de a prezenta mai multe defecte. Se va verifica fiecare piesă în parte, dacă este uzată și care este jocul la îmbinare. Se curăță toate piesele de praf și impurități prin suflare cu aer comprimat și se spală cu petrol lampant. Se procedează în continuare la reglarea mecanismului și se verifică buna funcționare.

La șase luni se recomandă să se măsoare izolația bobinelor de acționare. În cazul în care rezistența de izolație scade sub 1 M Ω , bobinele se vor demonta și usca.

La reparația capitală a unui întreruptor se efectuează tot complexul de lucrări atât la ansamblurile exterioare, cît și la cele interioare, în vederea eliminării tuturor defectelor și aducerii întreruptorului la o funcționare impecabilă, cu respectarea performanțelor date de fabrică.

Termenele la care se efectuează reparațiile capitale ale întreruptoarelor se stabilesc ținîndu-se seamă de specificul întreruptorului, de solicitările la care este supus și de condițiile locale ale mediului în care se găsește. Lucrările de reparații capitale se pot efectua la locul de montare a întreruptorului sau la ateliere specializate în acest scop.

Dintre principalele operații care se execută la reparația capitală a unui întreruptor, se menționează următoarele:

- revizia contactelor fixe și mobile;
- revizia camerelor de stingere;
- efectuarea reparației dispozitivului de acționare;
- repararea cuvelor cu eliminarea crăpăturilor și a tuturor fisurilor de la locurile de îmbinare; curățirea interioară a cuvelor;

- schimbarea izolatoarelor care prezintă fisuri sau urme de arc electric și au izolația deteriorată;
- efectuarea tuturor probelor mecanice și electrice;
- vopsirea întreruptorului și a construcțiilor de susținere.

20.2.1. REPARAREA CONTACTELOR

Contactele electrice îndeplinesc funcțiunea de a conecta electric un consumator cu sursa de curent.

Contactele se caracterizează prin: formă, material, apăsare pe contact, tipul contactului.

Forma contactelor poate fi: de suprafață (perie), liniară (deget), punctiformă (sferă-plan).

Materialele utilizate pentru contacte sînt: argintul și aliajele sale (cu nichel, cu cupru, cu cadmiu), cuprul și aliajele sale (bronz, alamă). În ultimul timp se folosesc și contactele sinterizate din pulbere de argint și oxid de cadmiu.

Apăsarea pe contact se alege în funcție de material precum și de utilizarea contactului. Contactul poate fi de tipul cu arcuire proprie sau cu resort separat. Contactele cu arcuire proprie sînt realizate din materiale arcuitoare bune conducătoare de electricitate cum sînt: alamă tare (tom-bac), bronz fosforos, bronz cu beriliu, alpaca.

Aparatele simple (întreruptoare și comutatoare) au un singur rînd de contacte. Aparatele complexe (întreruptoare automate) au două sau trei rînduri de contacte în paralel.

Întreruptoarele cu două rînduri de contacte au: contacte principale (argint) și contacte de rupere (cupru); aparatele cu trei rînduri de contacte au: contacte principale (argint), contacte intermediare (cupru) și contacte de rupere (cupru) (fig. 20.5).

Contactele întreruptoarelor electrice sînt dispozitive de o importanță deosebită. Păstrarea contactelor în bună stare de funcționare asigură con-

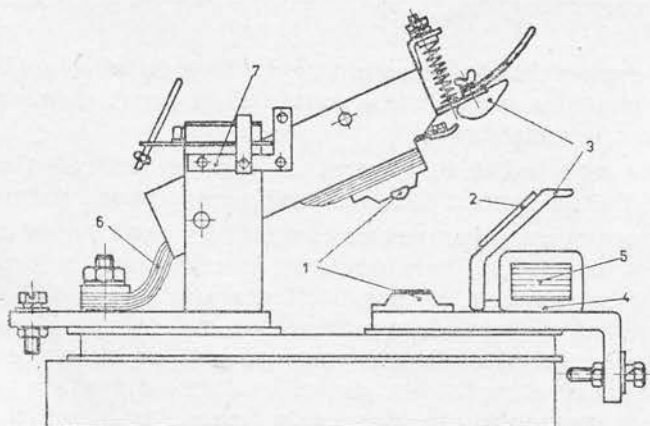


Fig. 20.5. Întreruptor automat de 1000 A cu trei rînduri de contacte:

- 1 — contacte principale; 2 — contacte intermediare; 3 — contacte de rupere; 4 — bobină de suflaj magnetic; 5 — miez magnetic; 6 — legătură flexibilă; 7 — releu electromagnetic.

diția ca întreruptoarele să-și poată îndeplini rolul de închidere și deschidere a circuitelor electrice în orice regim de lucru.

Solicitările la care sînt supuse contactele întreruptoarelor sînt deosebit de grele și complexe. La construcția contactelor se ține totdeauna seamă ca acestea să reziste în cele mai bune condiții tuturor solicitărilor termice și electrodinamice, pentru ca funcționarea întreruptoarelor în ansamblu să nu sufere.

Fenomenele care solicită contactele sînt:

- acțiunea arcului electric care ia naștere la stabilirea și întreruperea circuitului electric;

- încălzirea pe care o suportă în timpul funcționării;

- uzura la care sînt supuse prin loviturile repetate de la închiderea circuitului. În timpul funcționării se produce inevitabil o înrăutățire a stării contactelor. Astfel, din cauza arcului electric apar pe suprafețele contactelor găuri și perlări. Dacă perlările nu sînt prea pronunțate ele se pot înlătura prin pilire, fără a se atinge partea din suprafața rămasă nealterată.

Cînd suprafața de contact este deteriorată mai mult, însă găurile nu sînt prea adînci, pilirea se execută cu o pilă a cărei lățime să cuprindă pe cît posibil lungimea suprafeței sau liniei de contact, iar deplasarea ei în timpul pilirii trebuie să urmărească conturul contactului. După pilire se verifică așezarea contactului. Verificarea se face prin acoperirea unui contact cu praf de cărbune. Prin închiderea și deschiderea contactelor se constată după urmele lăsate de praful de cărbune și se ajustează pînă se ajunge la un contact integral. Microdenivelările se înlătură cu o pilă foarte fină de aceeași lățime. Se interzice șlefuirea cu abrazive, care intrînd în microdenivelări măresc rezistența electrică de contact. Contactele cu o uzură prea pronunțată, care prin recondiționare ar micșora secțiunea conductorului sau presiunea de contact, trebuie înlocuite.

După obținerea unor contacte cu linii de contact corecte, trebuie verificată presiunea de contact și reglată cursa contactelor mobile.

Pentru prevenirea oxidării, contactele se ung cu vaselină curată fără acizi.

Curățirea contactelor de aluminiu se va face cu pila, ungîndu-se apoi cu vaselină, pentru a se împiedica contactul cu aerul, deoarece aluminiul oxidează aproape instantaneu.

Simptomele care indică în general un contact prost sînt următoarele: îngrîsirea locului de contact datorită oxidării sau uzurii prin arc electric, încălzirea excesivă a conductoarelor circuitului electric, ceea ce contribuie la înrăutățirea contactului prin oxidarea în continuare a locului de contact; scînteii între contacte în timpul cît aparatul se află sub sarcină fără a fi manevrat; întreruperea intermitentă sau definitivă a circuitului.

Înrăutățirea contactului electric poate duce la avarii grave care se pot traduce prin: sudarea contactelor datorită scînteilor produse și împiedicarea manevrării aparatului; producerea de incendii prin încălzirea excesivă a contactelor; scurtcircuite prin arderea izolației cablurilor datorită încălzirii peste limită a contactelor.

Se va verifica, de asemenea, dacă în timpul funcționării contactele nu înțepenesc.

Contactele de argint, sau din alte metale nobile, nu necesită întreținere și nu se ung. Pilirea acestora este inutilă și dăunătoare deoarece aceste contacte își păstrează calitățile chiar dacă și-au schimbat culoarea și par uzate. La aceste contacte este permisă numai curățirea cu o cârpă muiată în benzină.

Contactele în ulei, prezintă după o funcționare îndelungată, urme negre de ardere și perlări. Este necesar să se curățe numai suprafața de contact cu ajutorul unei perii de sîrmă.

Reducerea volumului pieselor contactului se admite într-un procent foarte redus (5—10%). Reducerea volumului la piesele contactului sau schimbarea materialului va avea urmări nefavorabile asupra funcționării întreruptorului.

În seriile de întreruptoare automate construite în țară respectiv AMT și DITA contactele principale sînt executate din argint la seria DITA și din argint + oxid de cadmiu la seria AMT. Contactele de rupere sînt executate la ambele serii din cupru. La seriile ISOL și OTOMAX, contactele principale sînt din argint iar cele de rupere din argint-wolfram. În construcția întreruptoarelor automate, ca material pentru contactele de rupere se folosește în general cuprul sau combinații metaloceramice cupru + wolfram, cupru + grafit, dat fiind uzura mică a acestora sub acțiunea arcului electric și punctul de topire foarte ridicat.

După terminarea asamblării contactelor, se vor efectua probe pentru determinarea forțelor de apăsare și a rezistențelor de contact, care trebuie să aibă eceleași valori ca cele date de fabrică.

În funcționare normală contactele se pot deteriora datorită cauzelor sintetizate în tabelul 20.1.

Tabelul 20.1

Cauzele defectării contactelor, modurile de manifestare și de remediere ale acestora

Manifestarea defectelor	Cauze	Modul de remediere
Încălzirea puternică a contactului	Scăderea apăsării pe contact	Reglarea apăsării pe contact
	Oxidarea suprafeței contactului	Curățirea de oxid cu ajutorul unei pile fine
	Contactul mobil se așează în mod necorespunzător pe cel fix	Ajustarea contactului și reglarea poziției lui
Contact cu întreruperi	Deformarea resortului	Înlocuirea cu un resort nou
	Uzura electrică excesivă a contactului	Se înlocuiește contactul cu altul nou
	Slăbirea fixării contactului pe suport	Stringerea șuruburilor de fixare
Sudarea contactului	Conectarea pe un scurtcircuit puternic a unui contact uzat	Înlocuirea contactului cu altul nou

Resorturile pentru contacte se confecționează din sîrmă R 4 STAS 89378. În tabelul 20.2 sînt cuprinse date practice pentru realizarea resorturilor.

Date practice pentru realizarea resoartelor

Ø sîrmă, mm	0,20	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Ø dorn, mm	1... 4,5	1,5... 5	1,5... 5	2...6	2,5...7	3...8	3,5... 9	4... 10	4,5... 1,2	5... 14	5,5 16	6... 18	6,5... 20
Ø resort, mm	1,5... 5	2...6	2,5... 6,5	3...7	3,5... 8	4...9	4,5... 10	5... 12	5,5... 14	6... 16	7 18	7,5...	20

20.2.2. RECONDIȚIONAREA DISPOZITIVELOR DE STINGERE PENTRU ÎNTRERUPTOARELE DE JOASĂ TENSIUNE

Dispozitivele de stingere a arcului electric pot fi:

- cameră de stingere simplă;
- grătar deionic;
- bobină de suflaj;
- bobină de suflaj combinată cu grătar deionic sau fantă îngustă.

Prin cameră de stingere propriu-zisă se înțelege spațiul în care se formează și se stinge arcul electric.

Camera de stingere simplă se folosește la aparatele cu gabarit redus (contactoare mici, relee intermediare), sau la aparate simple cu capacitate de rupere egală cu curentul nominal (întreruptoare cu pîrghie, comutatoare cu came).

Defectele care pot apărea la această cameră sînt datorate loviturilor mecanice care produc spargeri de pereți. Camerele se pot lipi cu rășină epoxidică sau, în lipsă, cu celuloid dizolvat în acetona. Pe aceste camere se depune cu timpul metal, datorită întreruperii repetate a arcului electric. Aceasta produce stingerea dificilă a arcului electric. Este necesar să se curețe pereții cu o pilă și cu hîrtie de emeri (șmirghel).

Camerele de stingere cu grătar deionic. Aceste camere au doi pereți izolantî (melamină cu azbest, steatită, pirostea sau azbociment) între care se fixează plăci de oțel de 1,5—2,5 mm, acoperite prin cuprare. Aceasta formează grătarul deionic, care cuprinde 8—12 elemente. Acest dispozitiv cu plăci se folosește la contactoare și întreruptoare automate de curent alternativ.

Plăcuțele metalice au rolul de-a diviza arcul format și de a-l răci.

Defectele care pot apărea la acest dispozitiv de stingere sînt:

- metalizarea pereților camerei. Pentru remediere se curăță pereții cu o pilă și hîrtie de emeri;
- desprinderea plăcuțelor de pe pereți. Remedierea se face prin lipirea plăcuțelor cu rășină epoxi;
- topirea plăcilor grătarului deionic. Remedierea se face înlocuindu-se plăcile sau întregă camera de stingere;
- arderea pereților de firbă. Pentru remediere se înlocuiesc pereții cu alții noi confecționați din același material.

Dispozitive de stingere cu suflaj magnetic. Dispozitivele cu suflaj magnetic se compun dintr-o cameră de stingere realizată din aceleași materiale ca la camerele cu grătar deionic. În afara camerei se află două plăci de oțel ce formează armăturile unui magnet. Cîmpul magnetic poate fi

produs fie de un magnet permanent, fie de bobina unui electromagnet de suflaj. Această bobină este montată în serie cu circuitul principal.

Dispozitivul de stingere cu suflaj magnetic se folosește atât în curent alternativ, cât și în curent continuu pentru contactoare și întreruptoare automate.

Defectele dispozitivului cu suflaj magnetic sînt:

— slăbirea efectului de suflaj, arcul se stinge greu. Remedierea: izolarea spirelor bobinei de suflaj pentru a se elimina scurtcircuitul;

— încetarea efectului de suflaj magnetic.

Remedierea: lipirea bobinei de suflaj care este întreruptă sau refacerea ei: Numărul de spire: $n = \frac{10 \cdot l}{I}$, unde: l este lățimea camerei de stingere, în cm, $I = j \cdot s$ = curenul nominal, în A ($j = 2 \dots 3$ A/mm²; s = secțiunea, în mm²).

— suflarea arcului electric în interiorul aparatului.

Remedierea: Curățirea camerei, astfel încît fanta de ieșire a arcului să fie liberă, sau verificarea sensului bobinei de suflaj.

La repararea bobinelor de suflaj trebuie să se țină seamă de sensul înfășurării bobinei pentru a se obține un câmp care să arunce arcul electric în afara camerei;

— uzura rapidă a contactelor. Arcul se stinge foarte repede. Remedierea: Cîmpul de suflaj fiind prea puternic, se va reduce numărul de spire al bobinei de suflaj.

20.3. RECONDIȚIONAREA MECANISMELOR DE INDEXARE

Aceste mecanisme au rolul de a menține aparatul în poziția conectat sau deconectat. Mecanismele de indexare pot fi:

- cu came;
- cu clișee;
- cu genunchi.

Mecanismele cu came se folosesc la întreruptoare și comutatoare manuale. Ele pot fi cu camă rigidă pe ax, ca în cazul comutatoarelor steatriunghi, sau cu camă mobilă pe ax, în cazul comutatoarelor tip paco.

Mecanismele cu *camă fixă* pot fi realizate din masă termoplastă poli-amidă (relon). Uzura acestei came este redusă. În cazul unui defect se înlocuiește cama cu o piesă de schimb sau în lipsă, cu una confecționată din textolit.

Camele mobile se execută din oțel cementat și călit. Este necesar ca mecanismul să fie uns cu vaselină tehnică.

În tabelul 20.3 sînt date defecte care pot să apară la mecanismele de indexare cu came.

Mecanismele cu clișee se folosesc la zăvorirea întreruptoarelor pentru protecția liniilor și motoarelor.

Aceste mecanisme au rolul de a menține aparatul în poziția anclanșată, în opoziție cu forța unui arc puternic care tinde să declanșeze aparatul.

Defectele mai frecvente ale mecanismelor de indexare cu clișee sînt date în tabelul 20.4.

Mecanismele cu genunchi se folosesc la indexarea întreruptoarelor automate pentru protecția electromotoarelor și liniilor. Ele sînt cu anclanșare și

Cauzele defectării mecanismelor de indexare cu came, modurile de manifestare și de remediere ale acestora

Modul de manifestare a defectului	Cauza defectului	Modul de remediere
Dispare sacadarea	Ruperea sau deformarea arcului de scadare	Înlocuirea arcului cu unul nou
Apare fenomenul de agățare sau înțepenire	Uzura pronunțată a camei și plăcii de scadare	Înlocuirea pieselor metalice cu altele noi călite
Rotirea liberă a axului fără manevrarea contactelor	Uzura axului izolant din pertinax	Înlocuirea axului izolant cu altul nou

Tabelul 20.4

Cauzele defectării mecanismelor de indexare cu clicheți, modurile lor de manifestare și de remediere a acestora

Modul de manifestare a defectului	Cauza defectului	Modul de remediere
Înțepenirea mecanismului	Griparea clicheților pe ax	Ungerea mecanismului
	Deformarea casetei sau a clicheților	Ajustarea mecanismului cu o pilă fină
Mecanismul nu poate fi anclanșat deoarece nu rămâne agățat	Uzura excesivă a clicheților	Ajustarea clicheților sau înlocuirea lor
	Ruperea sau slăbirea știfturilor de agățare	Înlocuirea știfturilor cu altele noi
Declanșarea necomandată	Ruperea sau slăbirea resorturilor mecanismului	Înlocuirea resorturilor cu altele noi

declanșare rapidă. Aceste mecanisme de indexare sînt prevăzute cu pîrghii care se rotesc pe axe sub acțiunea unor resorturi. Ele au defecte similare cu cele ale sistemului cu clicheți.

20.4. RECONDIȚIONAREA CARCASELOR ȘI CUVELOR

Carcasele pot fi realizate din material izolant termoplastic (polistiren, polietilenă, relon, macrolon), material izolant termorigid (bachelită, melamină), tablă de oțel ambutisată sau sudată, tablă de aluminiu ambutisată, silumin, alamă, fontă sau oțel turnat.

Carcasele se pot defecta datorită loviturilor mecanice. Carcasele din bachelită se lipesc cu celuloid dizolvat în acetonă. O altă soluție de lipit este cleiul epoxi diluat. După lipire piesa trebuie uscată 24 h la aer și apoi introdusă în cuptor la 110—120°C pentru polimerizarea cleiului. Materialele termoplastice se lipesc cu cloroform sau prin topire cu ciocanul de lipit.

Carcasele din tablă de oțel se folosesc la protecția aparatelor în aer, ulei sau antiexplozive și au o rezistență deosebită la lovituri și șocuri. Pentru a se evita corodarea lor, carcusele se protejează prin vopsire cu vopsea

nitroemail (duco) sau cu vopsea imitație lovitură de ciocan (hammerschlag). Cu timpul vopseaua se roade sau se cojește. Este necesară revopsirea periodică a carcaselor, în special dacă aparatele lucrează în aer liber. Pentru ca noul strat de vopsea să prindă este necesar ca suprafața carcasei să fie curățată cu hîrtie abrazivă. Apoi se spală de grăsimi cu benzină. Pentru a se obține o aderență mai bună se acoperă întîi carcasa cu un strat de grund reactiv. Apoi se acoperă cu unul sau două straturi de vopsea. Us-carea se face la o temperatură de circa 120°C fie în cuptor, fie cu becuri cu raze infraroșii de 500 W.

Carcasele de oțel folosite la aparatele în ulei trebuie să fie perfect etanșe. În cazul pierderii uleiului este necesar să se repare carcasa. Reparația se face prin sudură autogenă sau prin lipire cu aliaj de argint. În prealabil carcasa se curăță cu benzină și cu hîrtie abrazivă și se lipește apoi locul defect. Verificarea etanșării se face cu petrol lampant. Garniturile de cauciuc deteriorate, de la aceste carcase, se înlocuiesc cu altele noi rezistente la ulei, confecționate din cauciuc neopren sau perbunan.

20.5. RECONDIȚIONAREA BOBINELOR DE TENSIUNE

Bobinele de tensiune servesc la producerea fluxului magnetic destinat manevrării electromagneților pentru contactoare, relee de tensiune sau intermediare și pentru acționări.

Bobinele de tensiune sînt de două tipuri în funcție de felul curentului:

- pentru curent continuu;
- pentru curent alternativ.

Bobinele de acționare sînt construite pentru tensiuni nominale cuprinse între 12 și 300 V (tabelul 20.5).

Tabelul 20.5

Tensiuni normalizate de bobine

Curent continuu, V	12	24	48	60	110	220	440	600	800
Curent alternativ, V	12	24	42	—	125	220	380	500	660

În timpul funcționării aparatelor pot apărea numeroase defecte ale bobinelor de tensiune. Aceste defecte pot duce la deteriorarea parțială sau totală a bobinei.

Remediarea defectelor la bobine constă în majoritatea cazurilor în înlocuirea bobinei cu alta nouă (tabelul 20.6).

20.5.1. CALCULUL BOBINELOR DE TENSIUNE PENTRU CURENT CONTINUU

Pentru refacerea bobinelor trebuie să se cunoască numărul de spire, diametrul sîrmei și rezistența lor la rece (în c.c.). În cazul deteriorării sau arderii etichetei este necesar să se recalculeze bobina de acționare.

Cauzele defectării bobinelor de tensiune, modurile de manifestare și de remediere a acestora

Tipul electro-magnetului	Modul de manifestare a defectului	Cauza defectului	Metode de verificare și remediere
Curent continuu	Arderea bobinei	Aplicarea la bornele bobinei a unei tensiuni mai mari decât cea indicată pe etichetă	Se montează o bobină având tensiunea corespunzătoare rețelei
		Producerea unui scurtcircuit între spire	Se măsoară rezistența bobinei cu puntea Wheatstone și se rebobinează au se înlocuiește bobina
	Electromagnetul nu atrage armătura mobilă	Aplicarea la bornele bobinei a unei tensiuni mai mici decât 85 % din tensiunea indicată pe etichetă	Se măsoară tensiunea cu voltmetrul și se reglează tensiunea la valoarea corespunzătoare
		Ruperea conductorului bobinei de acționare	Se verifică continuitatea bobinei cu puntea Wheatstone. Se lipește conductorul ori se înlocuiește bobina
Curent alternativ	Arderea bobinei	Tensiune prea mare la borne	Se reglează tensiunea la bornele transformatorului
		Blocarea armăturii mobile într-o poziție intermediară	Demontarea lagărelor și ungerea lor cu vaselină tehnic (vaselină cu sulfură de moliden)
	Încălzirea puternică a bobinei	Întrefier prea mare datorită unor impurități	Se curăță și se ajustează întrefierul
		Producerea unui scurtcircuit între spire	Rebobinarea sau înlocuirea bobinei
		Frecvența de conectare prea mare	
	Electromagnetul nu atrage armătura	Tensiune sub 85 % din U_n	Reglarea corespunzătoare a tensiunii
		Ruperea conductorului bobinei de acționare sau a conductorului flexibil de legătură	Se verifică continuitatea circuitului și se lipește conductorul rupt (ori se înlocuiește bobina în cazuri speciale)

Bobinele de curent continuu sînt de obicei cilindrice. Pentru redimensionarea bobinelor arse se măsoară diametrul exterior al bobinei D_e , în mm. Se măsoară diametrul conductorului de bobinaj d , în mm. Se scoate de pe bobină conductorul defect și se măsoară diametrul exterior al carcasei D_i , în mm. Se calculează apoi diametrul mediu al bobinei D_m :

$$D_m = \frac{D_e + D_i}{2} \text{ [mm]}. \quad (20.1)$$

Curentul absorbit de bobină I , se obține din expresia

$$I = j \cdot S \text{ [A]}, \quad (20.2)$$

în care:

j este densitatea de curent, în A/mm² (se alege între 2 și 3 A/mm²);

$S = \frac{\pi d^2}{4}$ — secțiunea conductorului de bobinaj, în mm^2 .

Rezistența bobinei este:

$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega],$$

unde:

U este tensiunea rețelei, în V.

Numărul de spire n al bobinei se calculează din relațiile:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = \rho \cdot \frac{l_m n}{S}, \quad (20.3)$$

unde:

$$l_m = \pi \cdot D_m,$$

$\rho = 0,0175 \dots 0,0185 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ — este rezistivitatea cuprului.

Deci:

$$n = \frac{R \cdot S}{\rho \cdot \pi \cdot D_m} \quad (20.4)$$

Cunoscându-se aceste valori, se poate reface bobina.

20.5.2. CALCULUL BOBINELOR DE TENSIUNE PENTRU CURENT ALTERNATIV

Bobinele de acționare pentru curent alternativ se realizează cu un număr mai mic de spire decât în curent continuu, deoarece în acest caz curentul este limitat atât de rezistență, cât și de inductanță.

Curentul absorbit de bobină este dat de expresia:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + L\omega^2}} \quad (20.5)$$

în care: L este inductanța bobinei, în H;

$\omega = 2\pi \cdot f$ — pulsația rețelei (f — frecvența rețelei, în Hz).

Numărul de spire al bobinei se recalculează cu relația:

$$n = \frac{U \cdot 10^8}{4,44 f B S}, \quad (20.6)$$

în care: B este inducția în miezul de fier, are valoarea de $8\,000 \dots 10\,000 \text{ G}$ ($0,8 \dots 1 \text{ T}$);

$S = k \cdot a \cdot b$ — suprafața polară, în m^2 ;

k — coeficient de împachetare a tolelor ($k = 0,9 \dots 0,95$);

a — lungimea miezului, în m;

b — lățimea miezului, în m.

20.5.3. RECONDIȚIONAREA BOBINELOR DE CURENT

Bobinele de curent se utilizează la relele electromagnetice pentru protecția împotriva scurtcircuitelor. Aceste bobine se realizează un conductor gros sau bară. Bobinele cu aceeași construcție se pot utiliza în curent continuu sau în curent alternativ. Defectele ce apar în timpul funcționării

aparaterelor sînt în general mai puțin numeroase decît la bobinele de tensiune.

În tabelul 20.7 sînt indicate cauzele și metodele de remediere la bobinele de curent.

Tabelul 20.7

Cauzele defectării bobinelor de curent, modurile de manifestare și de remediere a acestora

Modul de manifestare a defectului	Cauza defectului	Metoda de verificare și remediere
Arderea bobinei	Scurtcircuit între spirele electromotorului protejat	Se verifică motorul cu megohmmetrul și ohmetrul. Se lipește ori se înlocuiește bobina
	Suprasarcină prelungită și releu de suprasarcină defect	Idem. Se elimină suprasarcina
	Scurtcircuit între conductoarele de legătură între aparat și motor	Se verifică rezistența de izolație cu megohmmetrul. Se repară conductoarele și bobina ori se înlocuiesc
Electromagnetul nu atrage	Scurtcircuit între spire	Se verifică releul de curent și se îndalără scurtcircuitul
	Blocarea mecanismului	Deblocarea mecanismului de declanșare și ungerea lagărelor
Electromagnetul funcționează întempestiv, necomandat	Resortul antagonist și-a pierdut caracteristicile	Verificarea resortului antagonist și a rondellei de reglare

Tabelul 20.8

Caracteristicile bobinelor de tensiune ale contactoarelor

Denumirea aparatului	Tensiunea V	Diametrul mm	Nr. de spire	Izolație
Contactator AC3-10 A	380	0,11	8 800	E
Contactator AC 3-25 A	380	0,18	4 190	E
Contactator AC 3-40 A	380	0,27	2 850	E
Contactator AC 3-63 A	380	0,30	1 986	E
Contactator AC 3-100 A	380	0,40	1 405	E
Contactator AC 3-200 A	380	0,60	880	E
DITU-25	380	0,20	2 × 1 663	E
DITU-63	380	0,22	2 × 1 555	E

Pentru a facilita eventualele reparații ale bobinelor, în tabelul 20.8 sînt indicate caracteristicile unor bobine de curent continuu și alternativ folosite la contactoare.

Releele cu încălzire indirectă se folosesc la curenți mici 0,5 la 10 A. Releele cu încălzire directă pot fi simple sau cu șunt; relele simple se folosesc de la 10 la 25 A. Releele cu șunt de la 30 la 100 A. Peste 100 A se folosesc relele alimentate prin transformatoare de curent avînd secundarul dimensionat pentru curenți cuprinși între 5 și 25 A.

Bimetalele nu necesită o întreținere specială dacă sînt ferite de acțiunea umezelii exagerate, a prafului sau altor impurități. Datorită acestor elemente, cît și a unei exploatări incorecte se poate produce arderea și

Tabelul 20.9

Cauzele defectării releelor termice, modurile de manifestare și de remediere a acestora

Modul de manifestare a defectului	Cauza defectului	Metoda de verificare și modul de remediere
Arderea bimetalei sau a rezistenței încălzitoare	Scurtcircuit între spirele electromotorului protejat - nefuncționarea mecanismului de declanșare	Se măsoară motorul. Se verifică și se repară mecanismul de declanșare a releului termic
	Scurtcircuit între conductoarele ce leagă întreruptorul cu motorul protejat	Se verifică rezistența de izolație cu megohmmetrul. Se înlocuiesc conductoarele defecte
Bimetalul nu se încălzește	Rezistența încălzitoare întreruptă	Se înlocuiește rezistența încălzitoare
	Transformatorul de alimentare defect	Repararea transformatorului reductor de curent
	Capetele bimetalei nu fac contact cu bornele	Se verifică cu puntea contactul bimetal-borne. Strângerea șuruburilor de legătură la borne
Bimetalul se încălzește puternic	Șuntul montat în paralel cu bimetalul ars sau întrerupt	Se verifică continuitatea șuntului. Se înlocuiește șuntul
	Transformatorul debitează un curent mai mare decît cel nominal	Se măsoară curentul cu ampermetrul Se repară transformatorul de curent
Bimetalul rămîne îndoit	Bimetalul a fost parcurs de un curent mare timp îndelungat	Se verifică releul în instalație specială. Înlocuirea releului defect
Bimetalul se încălzește prea puțin	Temperatura ambiantă prea scăzută și releul nu are compensator	Se măsoară temperatura ambiantă Se reface reglajul pentru temperatura ambiantă corespunzătoare
Bimetalul declanșează intempestiv	Temperatura ambiantă este prea ridicată	idem

întreruperea înfășurării încălzitoare din crom-nichel, fărmițarea sau deteriorarea izolației dintre înfășurarea de crom-nichel și bimetal, ceea ce conduce la scurtcircuitarea spirelor înfășurării etc. În cazul bimetalului cu încălzire directă datorită încălzirii lor excesive, a oxidării, are loc o deplasare a caracteristicilor bimetalului în sensul reducerii efectului de protecție. Se recomandă ca după scurtcircuite, să se verifice reglajul releelor termice, reglarea făcându-se cât mai exact, în raport cu sarcina reală a înfășurării protejate. Bimetalul trebuie să se afle într-un mediu cu temperatura cât mai apropiată de temperatura mediului în care se află motorul.

În tabelul 20.9 sînt indicate cauzele și metodele de remediere la releul termic.

20.6. RECONDIȚIONAREA RELEELOR TERMICE

Releele termice se utilizează la protecția electromotoarelor împotriva suprasarcinilor, comandînd deschiderea cîntactorului cînd curentul depășește valoarea reglată un timp mai îndelungat.

Releele termice pot fi executate:

- cu încălzire directă;
- cu încălzire indirectă cu rezistență bobinată pe bimetal sau cu corp încălzitor montat lângă bimetal.

20.7. DATE PRIVIND ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA PRINCIPALELOR TIPURI DE ÎNTRERUPTOARE DE JOASĂ ȘI DE ÎNALTĂ TENSIUNE FABRICATE ÎN ȚARĂ

Pe lângă tehnologia de întreținere și reparare a elementelor ce constituie întreruptoarele electrice, tehnologice prezentată în paginile anterioare, în cele ce urmează se dau cîteva indicații practice legate de exploatarea, întreținerea și repararea întreruptoarelor fabricate în țară, întreruptoare care se găsesc în instalațiile industriale.

— *Alegerea întreruptoarelor* se va face în funcție de curentul nominal al motorului acționat, avîndu-se grijă ca izolația și capsularea întreruptorului să corespundă și condițiilor de mediu în care va lucra.

Dacă nu se poate citi curentul nominal de pe plăcuța motorului, atunci acesta se poate calcula cu relația:

$$I = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} U \cos \varphi} \cdot \frac{1}{\eta} \quad [\text{A}], \quad (20.7)$$

iar $I_n \text{ întreruptor} \geq I_n \text{ motor}$.

În relația (20.7), P este puterea activă a motorului, în kW; U — tensiunea între faze, în V; $\cos \varphi$ — factorul de putere; η — randamentul motorului. Se poate în general lua $\eta = 0,9$ și $\cos \varphi = 0,8$.

— În vederea *alegerii siguranțelor* potrivite, în tabelul 20.10 se prezintă valoarea curentului nominal al siguranțelor rapide și lente în funcție de puterea motorului la 380 V;

Curenții nominali ai siguranțelor fuzibile, în A

Siguranțe pentru protecția motoarelor electrice

P , la 380 V, în kW	2,2	5,5	7,5	15	22	30	55	75	110	160	250
Siguranță rapidă	10	20	25	45	63	80	200	250	400	630	—
Siguranță lentă	6	16	20	36	45	63	160	225	350	500	630

Secțiunile recomandate pentru conductoarele de legare a siguranțelor MPR (mare putere de rupere) în funcție de curentul nominal sînt cuprinse în tabelul 20.11.

Tabelul 20.11

Curenții nominali și secțiunile standardizate ale conductoarelor de conexiune a siguranțelor

I , în A	60	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
S , în mm ²	16	25	25	40	50	70	100	150	250	300	400

— Caracteristica de declanșare a releului termic $t=f(I)$, trebuie să respecte condițiile prevăzute în STAS 4480-77 și anume:

— declanșarea în maximum 2 h în cazul unui curent egal cu $1,2 I_r$, pornind de la stare caldă;

— declanșarea în maximum 2 min, în cazul unui curent egal cu $1,5 I_r$, pornind din stare caldă;

— autoprotejarea (adică declanșarea înainte ca bimetalul sau elementul încălzitor să se distrugă) în cazul curenților de I_r , dar declanșarea după un timp suficient de lung pentru a permite pornirea motorului.

Pentru a se evita declanșările nedorite aparatele se construiesc astfel, încît la trecerea unui curent de $1,05 I_r$ să nu declanșeze în timp de 2 h.

I_r poate fi orice curent cuprins în scara de reglaj a aparatului, în funcție de curentul absorbit de motor. Conform STAS 4480-77 acest domeniu este $(0,6-1) I_n$.

20.7.1. ÎNTRERUPTOARE AUTOMATE TIP ISOL ȘI OTOMAX DE JOASĂ TENSIUNE

Întreruptoarele automate sînt o importantă categorie de aparate care efectuează protecția motoarelor și instalațiilor electrice împotriva supra-sarcinilor și în special a curenților de scurtcircuit.

La întreruptoarele ISOL apare adesea dereglarea brațului (sub formă de jug) ce pune în mișcare mecanismul de anclanșare și de declanșare a

întreruptorului. Întregul mecanism este acționat de un motor electric. Remedierea se face prin apropierea sau distanțarea brațului care se fixează cu un șurub cu cap spintecat sub care glisează brațul.

Foarte des apare uzura accentuată prematură a roții dințate din material plastic din sistemul de angrenaj al motorului cu mecanismul acționat. Remedierea se face prin înlocuirea roții dințate din material plastic cu alta nouă sau una confecționată din alamă.

De asemenea se pot deregla limitatoarele pentru funcționarea motorului, precum și înțepenirea frinei pentru oprirea motorului. Ambele fac ca motorul să fie supus unui regim nerațional de funcționare. Remedierea se poate face prin reglarea atentă a limitatoarelor și curățirea frinei sau mecanismelor acestora.

La întreruptoarele OTOMAX pot apărea în mod mai frecvent dereglări în sistemul de clichetare, precum și dereglarea tijei care comandă declanșarea. Pentru remedierea acestor defecțiuni se urmărește piesă cu piesă din mecanismul de acționare al întreruptorului, se fac reglaje corespunzătoare, iar toate articulațiile se ung cu vaselină. După reglare se fac 3—5 probe de acționare a mecanismului întreruptorului.

Pentru întreruptoarele de medie și înaltă tensiune pe lângă reviziile și reparațiile planificate se impune ca întreruptorul să fie revizuit și după un anumit număr de deconectări pe scurtcircuit în funcție de tipul întreruptorului și curentul de rupere (tabelul 20.12).

20.7.2. ÎNTRERUPTOARE CU ULEI PUȚIN DE MEDIE ȘI ÎNALTĂ TENSIUNE

Întreruptoare IO de medie tensiune. La revizie trebuie să se verifice uzura inelelor de protecție a degetelor de contact superioare și starea uleiului. În cazul în care această uzură a atins limitele indicate de fabrică aceste elemente trebuie schimbate.

În figura 20.6 se dau limitele de uzură după care se impune înlocuirea degetului de contact superior (a), inelului de protecție pentru contactul superior (b) și vârfului de contact (c), la un întreruptor IO-15 și 20 kV, 630 A (fig. 20.6).

Întreruptoare IUP-M-10-20. Pentru revizia contactelor este necesară demontarea izolatoarelor de trecere și a părții superioare a cuvei. Se decuplează apoi tijele mobile de biețele de aluminiu și se scoate ansamblul din interiorul cuvei. Toate piesele se spală cu ulei, iar camerele de stingere se curăță la nevoie răzuindu-se resturile de carbonizare. La nevoie camera se schimbă. La fel se schimbă și vârful de contact și elementele contactului tulipă dacă sînt uzate. Este recomandabil ca la fiecare re-

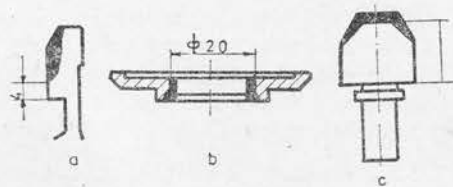


Fig. 20.6. Elemente componente care se uzează frecvent ale întreruptoarelor IO de joasă tensiune:

a — deget de contact; b — inel de protecție; c — vîrf de contact.

Numărul maxim de deconectări în regim normal și de scurtcircuit admis în două revizii consecutive la întreruptoarele fabricate de Electroputere-Craiova

Tipul întreruptorului	I_n A	Puterea de rupere S_r la pri- ma declanșare MVA	Curent de rupere la dec- lanșare I_r kA	Numărul de deconectări admis între două revizii				
				$I \leq 0,5 I_n$	$0,5 < I < I_n$	$I \leq 0,25 I_r$	$0,25 I_r < I \leq 0,5 I_r$	$0,5 I_r < I \leq I_r$
IUP-10 cu contacte din cupru	600—1 000	350 la 10 kV 200 la 6 kV	20	600	300	12	5	2
IUP-10, contacte W-Cu	600—1 000	350 la 10 kV 200 la 6 kV	20	1 000	500	25	10	4
IUP-15 contacte W-Cu	600—1 000	400	15,4	1 000	500	20	10	4
IUP-M 10 contacte alamă	630—1 000	350 la 10 kV 200 la 6 kV	20	500	300	15	6	3
IUP-M 10 contacte W-Cu	630—1 000	350 la 10 kV 200 la 6 kV	20	1 500	550	25	10	5
IUP-M 20 contacte alamă	630—1 000	500	14,5	500	300	15	6	3
IUP-20 contacte W-Cu	630—1 000	500	14,5	1 500	550	25	10	5
IUP-35	1 250	1 000	16,3	600	300	12	6	3
IUP-110-1900 MVA	600	1 900	10	600	300	16	6	3
IUP-110-3000 MVA	1 250	3 000	13	600	300	25	10	4
IO-10-400 A	400		14,5	2 800	1 000	30	11	4
IO-15-630 A	630	500	19,2	1 500	550	40	14	7
IO-15-1250 A	1 250	500	19,2	1 500	550	40	14	7
IO-15-2500 A	2 500	500	19,2	550	200	20	8	4
IO-20-630 A	630	500	16,3	2 500	400	34	12	6
IO-20-1250A	1 250	500	14,5	1 500	550	55	20	10
IO-110	1 600	6 000	51,5	1 000	500	40	14	5
IO-220	1 600	12 000	315	1 000	500	40	14	5

Puterea de rupere $S_r = \sqrt{3} I_r I U_n$, unde I_r = curentul nominal de rupere

vizie în care s-au demontat contactele și camerele de stingere să se înlocuiască și uleiul.

Dacă eroziunile pe camerele de stingere sînt mai adînci de 2—3 cm, ele se înlocuiesc. La fel la contactele întreruptorului, dacă vârful de contact este uzat (scurtat cu 4—5 mm) se înlocuiește. La fel se procedează și cu elementele contactului tulpă cînd prezintă eroziuni de ordinul a 2—3 mm.

Întreruptorul IUP-35. Se verifică starea izolației circuitelor principale și secundare. Dacă spațiile izolante ale camerei de stingere și tijei izo-

lante au rezistența de izolație mai mică decât 5 000 M Ω la 2,5 kV, aceste piese trebuie uscate la 90 ... 100°C timp de 4—6 h. Dacă rezistența de izolație a circuitelor secundare de comandă scade sub 2 M Ω la 1,0 kV, se recomandă înlocuirea porțiunii de circuit cu izolația slabă.

Contactele uzate ale căror eroziuni nu depășesc 2—3 mm adâncime (în zona de contact) se ajustează; în caz contrar contactele respective se înlocuiesc.

Cînd se efectuează revizia sistemului de acționare se verifică: starea articulațiilor (jocuri prea mari, ungere), starea supapelor (uzură, etanșeitate), starea amortizoarelor și limitatoarelor de cursă (etanșeitate, tasare, poziționare), starea legăturilor de contact din circuitele de comandă. În toate cazurile se aduc corecturile necesare.

Întreruptorul IUP-110. Repararea întreruptoarelor IUP-110 se face o dată la un an sau după întreruperea a trei scurtcircuite de peste 100 MVA.

O atenție deosebită trebuie acordată reviziei camerei de stingere și contactelor electrice. Se controlează fiecare piesă a camerei de stingere și cele care prezintă uzuri înaintate se vor schimba.

O operație importantă este umplerea întreruptorului cu ulei. Se folosește ulei de transformator care să aibă rigiditatea dielectrică de cel puțin 160 kV/cm, iar după umplere 130 kV/cm.

Se recomandă ca întreruptorul să fie umplut în timp cât mai scurt cu ulei, pentru a nu pătrunde umezeala. Se va acorda o atenție deosebită operației de umplere cu ulei care trebuie să se facă în condiții de curățenie perfectă și pe timp uscat.

După terminarea tuturor lucrărilor de asamblare se fac două manevre la presiunea aerului la valoarea maximă 4,95 daN/cm² ($p_n=4,5$ daN/cm²) și tensiunea bobinei de închidere 0,85 U_n , iar pentru bobina de deschidere la 0,65 U_n . Se execută apoi patru manevre la presiunea nominală și tensiunea nominală de alimentare a bobinelor de acționare. În sfîrșit se efectuează două manevre la presiunea aerului de 3,825 daN/cm² și 1,1 U_n tensiunea la bobina de închidere și 1,2 U_n pentru bobina de deschidere.

Întreruptoare cu ulei seria IO de înaltă tensiune. În timpul exploatării normale, întreruptoarele seria IO de înaltă tensiune nu necesită lucrări (ungere, reglaj etc.) pentru a le menține în stare de funcțiune. Este necesar însă să se urmărească nivelul de ulei în rezervorul dispozitivului MOP-1, în coloanele izolante, carterul mecanismului și amortizorul de închidere. Se corectează aceste nivele după necesitate, prin scoaterea de sub tensiune a întreruptorului.

Calitatea uleiului de comandă ETH-10 se va verifica anual; nu este admisă o rigiditate dielectrică mai mică decât 120 kV/cm. Uleiul electroizolant din coloane nu se verifică în mod normal, dacă se observă scăderea nivelului prin neetanșeități, trebuie ca o dată cu corectarea nivelului să se verifice și calitatea uleiului. Pentru completare se va folosi numai ulei cu rigiditate dielectrică mai mare decât 160 kV/cm. Uleiul electroizolant din camera de stingere se va verifica cu ocazia reviziei pieselor de contact, însă cel puțin o dată pe an. În ceea ce privește contactele se verifică nivelul și vârful de contact de rupere fabricate din compoziție cupru-wolfram, tija mobilă de contact, degetele de contact ale tulupei de capăt cu piesa pentru fixarea lor și arcurile de presiune în contact. Piese de con-

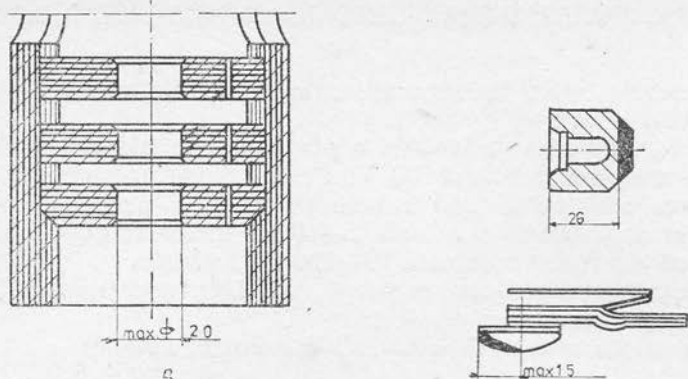


Fig. 20.7. Secțiuni prin elementele componente principale ale unui întrerupător cu ulei seria IO de înaltă tensiune și limitele de uzură ale acestora:

a — cameră de stingere; b — vârful contactului mobil; c — deget de contact.

tact se recondiționează prin ajustarea zonei deteriorate, pentru a se reface suprafața de contact. Dacă uzura modifică cu 25—35% cota care determină zona ideală de contact, piesele respective se vor înlocui (fig. 20.7).

20.8. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA DISPOZITIVELOR DE ACȚIONARE

Dintre cele mai reprezentative dispozitive de acționare a întreruptoarelor de 6—36 kV le menționăm pe cele fabricate din Uzinele „Electroputere” — Craiova (D.S.I., D.P.I., D.R.I.). Dispozitivul DSI folosește ca sursă de energie, pentru realizarea lucrului mecanic la închidere, un solenoid alimentat de la o baterie de acumulate. Se va verifica fiecare piesă în parte, dacă este uzată și care este jocul la îmbinare. Se curăță toate piesele de praf și impurități prin suflarea cu aer comprimat și se spală cu petrol lampant. Se procedează apoi la reglarea mecanismului și se verifică buna funcționare.

La dispozitivele de acționare de tipul DPI, la care lucrul mecanic de închidere se efectuează cu ajutorul aerului comprimat, se verifică etanșeitatea îmbinărilor cu emulsie de săpun, eliminându-se orice scăpare de aer comprimat. La reviziile anuale se verifică membranele ventilelor de admisie și dacă acestea prezintă uzuri se vor înlocui. Se va demonta pistonul principal și după curățirea acestuia și a segmenților, se unge cu unsoare fără acizi și se remontează.

La dispozitivele de acționare cu resort DRI, executarea reviziilor necesită controlarea fiecărei piese separat, înlocuindu-se ori recondiționându-se cele defecte, iar apoi se ung cu unsoare fără acizi toate punctele de frecare.

La mecanismul mobil care efectuează mișcarea contactelor întreruptorului se controlează sistemul de pârghii și de îmbinare pentru găsirea eventualelor fisuri. Piesele deteriorate se vor înlocui, ca și resoartele care prezintă deformații permanente sau alte defecte.

20.9. ÎNCERCĂRILE ȘI VERIFICĂRILE ÎNTRERUPTOARELOR

Întreruptoarele ieșite din reparații urmează să fie supuse la o serie de verificări și încercări.

Măsurarea rezistenței de izolație a părții mobile (tijelor). Măsurarea se face cu un megohmetru de 2 500 V. Pentru întreruptoarele din exploatare, valoarea rezistenței tijei trebuie să aibă cel puțin 300 M Ω la întreruptoarele cu tensiune nominală 2—10 kV inclusiv; 1 000 M Ω la întreruptoarele cu tensiunea nominală 10—220 kV inclusiv.

Pentru întreruptoare după reparații, valoarea rezistenței tijei trebuie să aibă cel puțin următoarele valori:

- la întreruptoarele cu $U_n=2—10$ kV inclusiv, 1 000 M Ω ;
- la întreruptoarele cu $U_n=10—35$ kV inclusiv, 3 000 M Ω ;
- la întreruptoarele cu $U_n=35—220$ kV, 5 000 M Ω .

Măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice și a capacității la izolatoarele de trecere. Măsurarea se execută cu o punte pentru determinarea pierderilor dielectrice. Măsurarea se face cu întreruptorul în poziție deschisă și separat de restul instalației. Se măsoară fiecare izolator în parte, cu excepția celor de porțelan. Izolatoarele de trecere din porțelan, umplute cu ulei, de la întreruptoarele cu tensiuni de peste 60 kV, se consideră satisfăcătoare dacă tangenta unghiului de pierderi dielectrice este mai mică, la +20°C decît 4,0 după reparație și 6,0, în exploatare.

Încercarea cu tensiune mărită a izolației. Aceasta se execută cu prilejul reparației capitale, dar cel puțin o dată la 3 ani. Dacă la aplicarea timp de 1 min a tensiunii de încercare (tabelul 20.13), nu apar străpungeri și conțurări, se consideră că izolația întreruptorului este bună.

Tabelul 20.13

Tensiuni de încercare a izolației întreruptoarelor

Felul izolației	Tensiunea nominală a întreruptorului, kV						
	3	6	10	15	20	35	110
	Tensiunea de încercare, kV						
Izolație de porțelan	24	32	42	55	66	95	260
Izolație din alt material decît porțelanul	18	24	31	—	49	71	195

Măsurarea rezistenței contactelor. Valoarea rezistenței de contact nu este normată, ea se compară cu valorile obținute anterior.

La întreruptoarele IUP 10 și 15 kV de 600 A, rezistența totală de contact între bornele de intrare și ieșire, în poziția închis, nu va depăși $1,5 \cdot 10^{-4}$ Ω ; $1,1 \cdot 10^{-4}$ Ω la cele de 1 000 A; iar la IUP 110 kV $3,5 \cdot 10^{-4}$ Ω .

În caz că valorile măsurate depășesc pe cele indicate la punerea în exploatare a întreruptorului, se vor revizui toate îmbinările de contact.

În afara încercărilor indicate mai sus după terminarea reparațiilor capitale, înainte de darea în exploatare, întreruptoarele se mai supun următoarelor probe și încercări:

- funcționarea dispozitivelor de acționare la tensiunea de alimentare nominală, scăzută și mărită;

- funcționarea corectă a dispozitivelor de blocaj și a celor de semnalizare;
- verificarea timpilor de închidere și de deschidere;
- verificarea funcționării simultane a contactelor principale.

CAPITOLUL 21

TEHNOLOGIA ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII INSTALAȚIILOR ELECTRICE ALE MAȘINILOR-UNELTE

21.1. GENERALITĂȚI

Industria constructoare de mașini asigură îmbunătățirea radicală a tehnologiei producției și reutilizarea întreprinderilor prin înlocuirea și modernizarea pe scară largă a utilajelor, precum și extinderea considerabilă a mecanizării și automatizării. O ramură importantă a industriei constructoare de mașini este construcția de mașini-unelte.

În țara noastră s-au dezvoltat an de an centre industriale cuprinzând fabrici constructoare de mașini-unelte, dintre care putem aminti: Întreprinderea „23 August” — București, Întreprinderea „Iosif Rangheț” — Arad, Întreprinderea „Hidromecanica” — Brașov, Întreprinderea „Înfrățirea” — Oradea, ș.a.

Întreprinderea „Înfrățirea” — Oradea s-a specializat în mașini de găurit (tipurile A-3 și A-4, mașini de găurit cu coloană), în mașini de rabotat transversal (șeping), cu cursa de 425 și 650 mm, precum și în fabricarea în serie a mașinilor de frezat universale pentru sculărie.

Mașinile-unelte pentru așchieră metalelor servesc la prelucrarea prin așchiere a obiectelor din metal. Construcția, forma și caracterul mașinilor-unelte depind de felul prelucrării, de construcția și mișcarea relativă a sculei, precum și de poziția relativă a piesei ce se prelucrează.

În funcționarea mașinilor-unelte se disting două mișcări caracteristice: *mișcarea principală* și *o mișcare de avans*. Mișcarea principală poate fi circulară sau rectilinie și se caracterizează prin viteze de așchiere, exprimate de obicei în metri pe minut. Mișcarea de avans este realizată prin deplasarea continuă sau intermitentă a piesei sau a sculei. La mașinile cu mișcare principală circulară, avansul piesei sau al sculei se exprimă în milimetri pentru o rotație a arborelui principal; pentru mașinile cu mișcare principală rectilinie, avansul piesei sau al sculei se exprimă în milimetri pentru o cursă utilă.

După felul mișcării principale, mașinile-unelte se grupează în două categorii: *mașini-unelte cu mișcare principală circulară*, din care fac parte: strungurile, mașinile de găurit, mașinile de frezat, mașinile de filetat, ferăstraiele circulare etc. și *mașinile-unelte cu mișcarea principală rectilinie*, din care fac parte: mașinile de rabotat, mașinile de mortezat, șepingurile, ferăstraiele cu mișcare rectilinie alternativă etc.

După felul mișcării de avans, mașinile-unelte se clasifică în: *mașini-unelte cu avans continuu*, cum sînt de exemplu: strungurile, la care piesa de prelucrat execută o mișcare circulară în raport cu scula, mașinile de găurit etc. și *mașini-unelte cu avans intermitent*, din care fac parte: mașinile de rabotat, mașinile de mortezat, șepingurile, ferăstraiele mecanice cu mișcare rectilinie alternativă etc.

În tabelul 21.1 sînt prezentate caracteristicile prelucrărilor prin așchiere, pe baza cărora se face clasificarea mașinilor-unelte pentru așchieria metalelor.

21.2. ACȚIONAREA MAȘINILOR-UNELTE

Mașinile-unelte pot avea acționare pe grupe sau acționare individuală.

Acționarea pe grupe a două sau mai multe mașini-unelte se realizează cu ajutorul unor transmisii prin curele.

Transmisia pentru un grup de mașini-unelte este acționată în majoritatea cazurilor prin motoare electrice trifazate (de obicei motoare asincrone). Puterea acestor motoare se ia aproximativ 0,7 din suma puterilor maxime ale mașinilor-unelte acționate de transmisia respectivă.

Acționare individuală este utilizată astăzi pe scară întinsă în toate uzinele, deoarece consumul de energie pentru acționarea unei mașini-unelte este proporțional cu timpul cît aceasta lucrează și totodată acționarea individuală permite realizarea independenței mașinilor între ele și astfel ușurează instalarea sau mutarea lor.

Pentru acționarea mașinilor-unelte se folosesc atît motoarele electrice de curent continuu cît și cele de curent alternativ. De asemenea, pentru acționarea mașinilor-unelte se mai folosesc și mașini electrice speciale ori sisteme de mașini.

21.2.1. MAȘINILE ELECTRICE FOLOSITE ÎN ACȚIONAREA MAȘINILOR-UNELTE

Motoarele asincrone sînt astăzi cele mai răspîndite. Avantajul utilizării motoarelor asincrone constau în simplitatea constructivă, siguranța mare în exploatare și cost mai redus față de motoarele de curent continuu. Un alt factor hotărîtor îl constituie însăși alimentarea lor cu curent alternativ, care prezintă cea mai economică sursă de energie electrică utilizată în acționările industriale. Totodată, ele corespund pe deplin condiției impuse de acționarea mașinilor-unelte, potrivit căreia variația turației trebuie să fie mică în cazul în care sarcina nu este constantă.

În acționarea mașinilor-unelte, cele mai utilizate motoare asincrone sînt cele cu rotorul în scurtcircuit. Caracteristicile electrice, felul protecției și formele constructive ale acestor motoare sînt stabilite prin standarde.

Seria puterilor nominale, în kW, la care se construiesc motoarele asincrone normale este următoarea: 0,25; 0,4; 0,6; 0,8; 1,1; 1,5; 2,2; 3; 4; 5,5; 7,5; 10; 13; 17; 22; 30; 40; 55; 75; 100.

Tensiunile nominale standardizate sînt 220 V, 380 V și 500 V, iar turațiile sincrone la care se construiesc aceste motoare sînt 3 000; 1 500; 1 000 și 750 rot/min.

Motorul asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit este utilizat de obicei la mașinile-unelte care necesită o putere sub 6 kW. Turația lui este constantă, nefiind influențată decât de frecvența curentului de alimentare.

Motorul asincron trifazat, cu rotorul prevăzut cu inele colectoare, având un cuplu de pornire ridicat, este folosit la mașinile-unelte care necesită o putere mai mare de 5 kW.

Mașinile de curent continuu. În acționarea electrică a mașinilor-unelte, utilizarea mașinilor de curent continuu este mai puțin răspândită și limitată, în comparație cu a mașinilor de curent alternativ. Motivul îl constituie dezavantajele pe care acestea le prezintă, dintre care sînt esențiale: necesitatea unei rețele de curent continuu sau a unui aparat de redresare; construcția mai complicată și costul mai ridicat decât cel al mașinilor asincrone; întreținerea mai dificilă. Cu toate acestea, în anumite situații sînt preferate mașinile de curent continuu, în special motoarele derivație. Astfel, o largă răspîndire și-au găsit în prezent motoarele derivație independente sau făcînd parte din grupuri Ward-Leonard la acționarea electrică a mașinilor-unelte grele, printre care strungurile plane și carusel, rabotezele mari, mașinile de frezat longitudinale și mașinile de rectificat rotund, grele.

Motoarele derivație pentru mașinile-unelte se execută frecvent pentru tensiunile de 110; 220 și 440 V, cu puteri ce variază între 0,25 kW și 200 kW.

Reglarea turației mașinilor electrice. Mașinile-unelte trebuie construite cu mecanisme care să asigure posibilitatea de a varia turațiile pentru obținerea vitezelor de așchiere și a avansurilor celor mai avantajoase, în scopul realizării unei productivități maxime a mașinii. Aceste mecanisme pot fi: mecanice, hidraulice și electrice, iar în funcție de modul de construcție pot varia turația în mod continuu sau în trepte de turații.

La motorul electric de curent continuu cu excitația în derivație, turația se poate regla simplu, în mod lin și continuu prin variația curentului de excitație. Aceasta se realizează prin introducerea unei rezistențe reglabile în circuitul de excitație al motorului electric (fig. 21.1).

La motoarele electrice de curent alternativ, reglarea turațiilor se face continuu sau în trepte, prin variația rezistenței rotorice (la cele cu rotorul bobinat), a frecvenței și a numărului de perechi de poli, conform relației:

$$n = \frac{60f}{p} (1-s) \quad [\text{rot/min}] \quad (21.1)$$

în care: f reprezintă frecvența rețelei de alimentare;

p — numărul de perechi de poli;

s — alunecarea.

Reglarea continuă a turației motoarelor asincrone se realizează cu ajutorul reostatului de alunecare și se utilizează la motoarele cu inele colectoare. Reglarea turației prin variația frecvenței se realizează prin utilizarea convertizoarelor de frecvență, care permit o reglare continuă a turației într-un domeniu dat.

Reglarea turației în trepte se poate realiza prin utilizarea motoarelor electrice asincrone cu numărul variabil de poli (cu 2; 3 sau 4 turații).

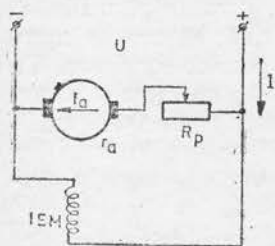


Fig. 21.1. Schema de conectare la rețea a motorului derivație:

IEM — înfășurarea de excitație a motorului; i_a — indusul motorului; R_p — reostat de pornire; i_e — curent de excitație; I — curentul absorbit de motor de la rețeaua de alimentare.

Pentru frecvența uzuală de 50 Hz sînt posibile construcțiile:

— motoare cu două turații: 3 000/1 500 rot/min sau 1 500/750 rot/min;

— motoare cu trei turații: 3 000/1 500/750 rot/min sau 1 500/100/750 rot/min.

Sistemele de mașini și mașinile electrice speciale utilizate în acționarea mașinilor-unelte sînt grupul generator-motor, amplidina și rototrolul.

Sistemul generator-motor este agregatul format din

patru mașini electrice, dintre care trei de curent continuu și una de curent alternativ. În figura 21.2 este reprezentată schema de variere a turației motorului, în combinație cu un generator de curent continuu (sistemul Ward-Leonard). În această schemă M_a este un motor trifazat, G_c generatorul de curent continuu, E_c excitatoarea, iar M_c motorul electric de curent continuu cu turație variabilă.

Primele trei mașini electrice compun agregatul de convertire a curentului alternativ trifazat în curent continuu și sînt legate mecanic între ele, fiind antrenate de motorul M_a . Reglarea turației se face prin reglarea excitației generatorului G_c , iar printr-o reglare suplimentară a excitației motorului de curent continuu, se poate mări posibilitatea de variație a turației într-un domeniu mai larg. În serie cu înfășurările de excitație ale generatorului și motorului de curent continuu s-a inclus cîte un reostat (R_g , respectiv R_m), cu ajutorul cărora se poate realiza variația curentului de excitație din aceste înfășurări.

Amplidina. În sistemele moderne de acționare electrică a utilajelor industriale, deci și a mașinilor-unelte, un loc de seamă în are în prezent reglarea automată a regimurilor de funcționare în sarcină ale acționării, în conformitate cu cerințele procesului tehnologic respectiv. Pentru aceasta, sistemul de acționare este compus, pe lîngă circuitul principal de forță, și dintr-un circuit de comandă automată a acestuia. Puterea în circuitul de comandă trebuie să fie mică; pentru ca instalația de acționare respectivă să fie economică, apare însă necesitatea amplificării ei pentru comanda organelor agregatului respectiv în circuitul de forță.

În acest scop se utilizează frecvent, ca amplificatoare de putere, mașini de curent continuu speciale numite *mașini electrice amplificatoare*, din rîndul cărora amplidina a căpătat o utilizare foarte largă în sistemele de acționare electrică a mașinilor-unelte.

Amplidina este un generator de curent continuu de construcție specială, cu cîmp de excitație transversal avînd două perechi de perii, una formată din periile de lucru ($a-b$), iar cealaltă, din periile $c-d$ decalate de periile principale cu 90° și legate în scurtcircuit (fig. 21.3).

Inductorul mașinii este construit dintr-o înfășurare de excitație de comandă IC și din mai multe înfășurări de reacție introduse în circuitul de forță amplificat și reglat cu ajutorul ei. Indusul său este un indus

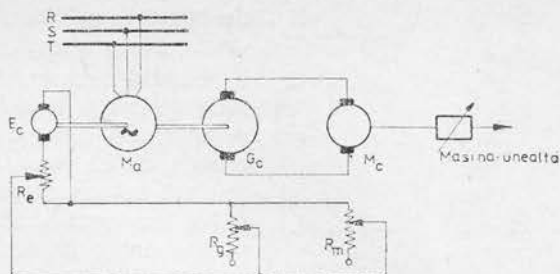


Fig. 21.2. Schema de principiu a sistemului de acționare generator-motor:

R, S, T — fazele rețelei de alimentare; E_c — excitatoare; R_g — reostat de excitație; M_a — motor asincron trifazat; G_c — generator de curent continuu; R_m, R — reostate.

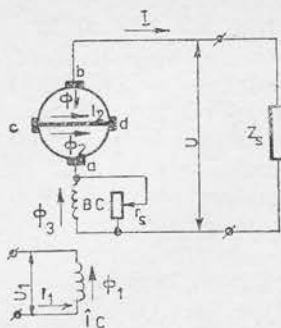


Fig. 21.3. Schema de funcționare a amplidinei:

BC — bobină de compensare; IC — înfășurare de excitație și comandă; Φ_1, Φ_2, Φ_3 — fluxuri magnetice; Z_s — impedanță de sarcină; r_s — reostat de reglaj; a, b — perii de lucru; c, d — perii conectate în scurtcircuit.

de curent continuu obișnuit care este antrenat de un motor primar.

Amplidina amplifică puterea de la valoarea inițială primită $P_1 = U_1 I_1$ la valoarea celei corespunzătoare curentului I și tensiunii U de sarcină create, adică $P = UI$. Evident, această amplificare se face în contul energiei furnizate amplidinei de către motorul primar care o antrenează, deci acesta are o putere egală cu puterea de ieșire P . Înseamnă că puterea de intrare P_1 , care comandă puterea de ieșire P , poate fi foarte mică, ajungând pînă la cîteva zecimi de watt. Rezultă deci un mare avantaj al amplidinei și în sensul că ea permite comanda unor dispozitive de putere mare, cu ajutorul unui aparat simplu și ieftin (tuburi electronice). Un alt avantaj constă în faptul că amplidina are o sensibilitate ridicată, adică o viteză mare de reacție la un impuls primit (constantă de timp T foarte mică), în mod obișnuit, de 0,05—0,2 s.

În sistemele automate de acționare electrică a mașinilor-unelte amplidina se utilizează frecvent în schemele de comandă cu mașini electrice sau cu motor de curent continuu independent, pentru lărgirea domeniului de reglare a turației și obținerea unor caracteristici mecanice foarte rigide în special în domeniul turațiilor joase.

Amplidina poate îndeplini rolul de excitatoare a generatorului în cazul în care motorul de curent continuu care acționează mașina-unelte face parte dintr-un sistem generator-motor (fig. 21.4).

În acest caz, curentul debitat de amplidină alimentează înfășurarea de excitație a generatorului IEG și el poate fi variat prin intermediul potențiometrului P cu care se variază intensitatea și sensul curentului din înfășurarea de comandă IC a amplidinei. Ca urmare se obține variația tensiunii de alimentare a motorului.

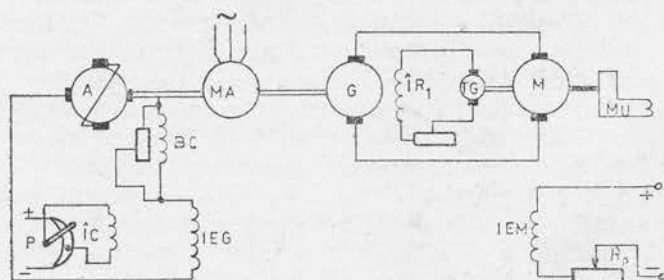


Fig. 21.4. Schema de principiu a sistemului de acționare electrică a unei mașini-unelte echipate cu generator-motor și amplidină:

BC — bobină de compensare; IEM — înfășurare de excitație a motorului; IEG — înfășurarea de excitație a generatorului; IC — înfășurare de excitație și de comandă; R_p — reostat de pornire; MU — mașină-unelte; TG — tahogenerator; G — generator; M — motor; MA — motor asincron trifazat; A — amplidină; P — reostat de pornire.

Prin reglarea rezistenței reostatului din circuitul de excitație a motorului *IEM*, se obține în final o reglare a turației motorului care acționează mașina-unelă, pe un domeniu foarte larg.

Cu ajutorul unui tahogenerator *TG*, antrenat de motorul *M* și al înfășurării de reacție *IR*, a amplidinei, schema prezintă și posibilitatea ca o anumită turație care a fost reglată să rămână constantă, indiferent de variațiile sarcinii.

În schemele de acționare a mașinilor-unelte cu motoare de curent continuu independente, amplidina poate fi utilizată pentru alimentarea directă a acestora, având rolul de generator de curent continuu cu tensiune reglabilă.

Rototrolul. Rototrolul este o mașină amplificatoare, însă cu cîmp longitudinal, fiind cunoscută și sub denumirea de *mașină amplificatoare cu autoexcitație sau generator de reglaj*. În esență, ea este un generator de curent cu poli aparenti executați dintr-un oțel special avînd magnetism remanent foarte redus, pe care se dispun mai multe înfășurări de excitație, de obicei trei sau patru (fig. 21.5). Dintre acestea una este în mod obligatoriu o înfășurare de autoexcitație (înfășurarea notată cu 2), a doua, de excitație independentă (1) denumită înfășurare de comandă, iar celelalte sînt înfășurări de reglaj (3 și 4), folosite pentru reglaj și reacție în schemele de acționare respective.

Rototrolul are o singură pereche de perii la care se leagă înfășurarea de autoexcitație, el este antrenat de un motor primar, de obicei asincron (*MA*).

Pentru a efectua amplificarea, mașina trebuie să se autoexcite, lucru demarat prin înfășurarea de comandă 1 prin care trece un curent i_1 foarte mic.

La acționarea electrică a mașinilor-unelte, față de amplidină, rototrolul se utilizează într-o măsură mai redusă. În general el este introdus în schemele de comandă cu mașini electrice, unde servește la automatizarea excitației generatorului din sistemele generator-motor.

O asemenea schemă este reprezentată în figura 21.6, în care rototrolul are rol de excitatoare suplimentară a generatorului *G*.

Rototrolul *R* este acționat de același motor asincron *MA* care pune în mișcare și generatorul *G* și excitatoarea *E* și are patru înfășurări de excitație dintre care *1R* și *2R* sînt de auto-

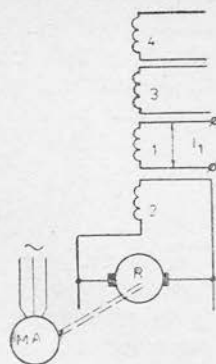


Fig. 21.5. Schema de principiu a unui rototrol:
MA — motor asincron trifazat; *R* — rototrol; 1, 2, 3, 4 — înfășurări independente de excitație.

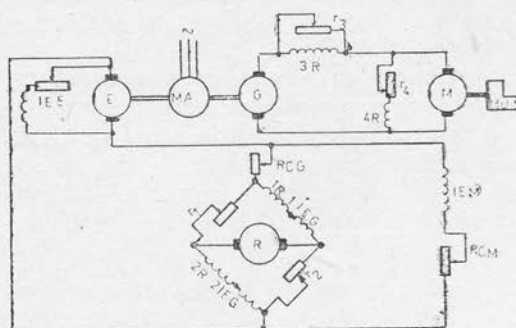


Fig. 21.6. Schema de principiu a sistemului generator-motor avînd ca excitatoare suplimentară un rototrol:

1EE — înfășurare de excitație a excitatoarei; *E* — excitatoare; *MA* — motor asincron trifazat; *G* — generator de curent continuu; r_1, r_2, r_3, r_4 — reostate de reglaj; *M* — motor de curent continuu; *1R, 2R, 3R, 4R* — înfășurări de excitație; *1EG, 2EG* — înfășurări de excitație ale generatorului; *RCG* — reostat de pornire și comandă a generatorului; *1EM, 2EM* — înfășurări de excitație a motorului; *RCM* — reostat de pornire și comandă a motorului.

escitație, iar $3R$ și $4R$ sînt independente. Înfășurările de autoexcitație sînt inseriate cu jumătățile $1IEG$ și $2IEG$ ale înfășurării de excitație a generatorului și, împreună cu reostatele r_1 și r_2 realizează un montaj în punte.

21.2.2. DISPOZITIVE ELECTRICE DE COMANDĂ A MAȘINILOR-UNELTE

Dispozitivele de comandă a mașinilor-unelte pot îndeplini următoarele funcții: pornirea și oprirea mașinii sau a unei părți a mașinii (a motorului electric, a mecanismului principal, a mecanismului avans, a mecanismelor de comandă, a mecanismelor auxiliare); schimbarea vitezelor, ca sens și mărime, ale diferitelor mecanisme (deplasînd blocuri de roți dințate, acționînd asupra cuplajelor etc.); blocarea și eliberarea unor organe (suport, traverse, mese de lucru etc.); stringerea și eliberarea piesei sau materialului ce se prelucrează; stringerea, eliberarea și schimbarea poziției de lucru a sculelor.

Dispozitivele de comandă electrice nu sînt sisteme pur electrice, ci combinate cu sisteme mecanice sau hidraulice. În aceste dispozitive de comandă combinate intră organe de comandă electrice, organe de transmitere electrice și organe de acționare electrice.

Se deosebesc dispozitive de comandă electrice cu acționare manuală, la care impulsul de comandă se dă manual, și dispozitive automate, la care impulsul se dă de un organ în mișcare al mașinii. Rolul acestor dispozitive este de a deschide sau închide anumite circuite electrice în vederea transmiterii unor comenzi asupra mișcării organelor mașinii (pornirea sau oprirea lor).

În majoritatea cazurilor, dispozitivul de comandă constă într-un simplu organ de comandă, un întreruptor. Tipurile de întreruptoare, frecvente în construcția de mașini sînt:

Întreruptoarele cu cuțite sînt folosite ca întreruptoare de linie sau de intrare, montate de obicei pe tabloul de distribuție. Cuțitele se rotesc simultan în jurul unui ax și stabilesc joncțiunea între contactele mobile și fixe (fig. 21.7).

Întreruptoare rotative pachet sînt folosite ca întreruptoare de linie sau pentru comutarea circuitelor de comandă. Sînt formate dintr-o serie de elemente (pachete) de construcție identică, înșiruite pe un ax (fig. 21.8). Fiecare pachet cuprinde o cale de curent și conține două contacte fixe și un contact mobil, din material elastic conductor, pentru a asigura presiunea de contact. Contactele mobile sînt sub formă de discuri montate

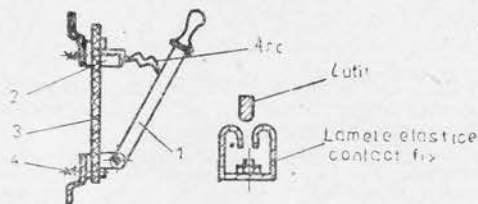


Fig. 21.7. Întreruptor cu cuțite:

1 — contact mobil; 2 — contact fix; 3 — suport izolant; 4 — bornă.

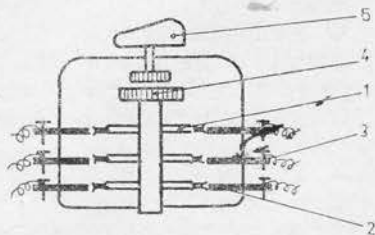


Fig. 21.8. Întreruptor tip pachet:

1 — contact mobil; 2 — contact fix; 3 — bornă; 4 — dispozitiv de sacadare; 5 — miner de acționare.

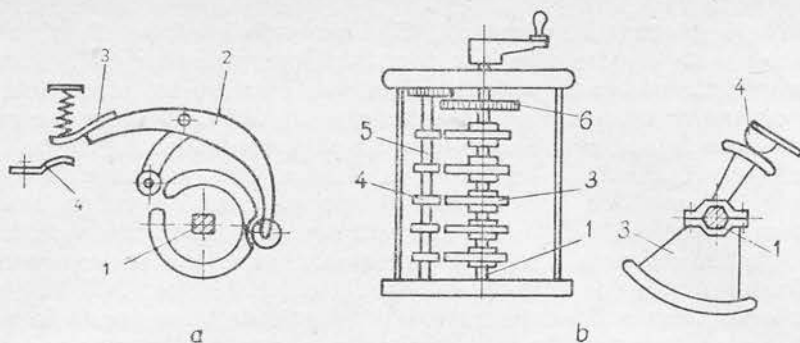


Fig. 21.9. Tipuri de controlere:

a — controler cu came; b — controler cu tambur; 1 — ax cu came; 2 — pîrghie dublă cu role; 3 — contact mobil; 4 — contact fix; 5 — bară izolantă; 6 — sistem de sacadare.

pe un ax izolat. Axul este rotit cu ajutorul unui mîner prin intermediul unui dispozitiv de sacadare.

Controlerile sînt aparate de conectare care realizează modificarea într-o ordine stabilită a conexiunilor unuia sau a mai multor circuite electrice.

Controlerile pot fi cu *came* (fig. 21.9, a), cînd sistemul de comutare este alcătuit din contacte acționate prin intermediul unor came sau cu *tambur* (fig. 21.9, b), la care contactele mobile sînt sub formă de sectoare montate pe un ax rotativ izolat, iar contactele fixe sînt montate pe bare izolante.

Întreruptoarele buton, care pot fi:

— normal deschise, contactele lor închizîndu-se cînd se apasă pe buton (fig. 21.10, a);

— normal închise, contactele deschizîndu-se cînd se apasă pe buton (fig. 21.10, b);

— combinate, la care prin apăsare pe buton o pereche de contacte se deschid, iar cealaltă pereche de contacte se închid (fig. 21.10, c).

Întreruptoarele buton pot fi utilizate atît pentru comenzile locale cît și pentru comenzile de distanță. Ele pot fi așezate chiar pe corpul mașinii sau în cutii de comandă la îndemîna muncitorului.

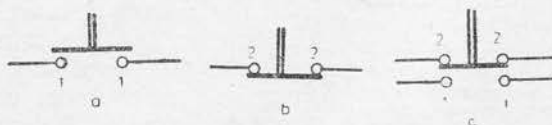
În afară de întreruptoarele și organele de comandă prezentate, dispozitivele de comandă electrice cu acționare manuală (ca și cele automate) pot cuprinde elemente de comandă intermediare, cum sînt releele și contactoarele.

Releele se folosesc pentru multiplicarea comenzilor, avînd mai multe organe de acționare, sau pentru întărirea impulsului inițial de comandă, insuficient pentru organul de acționare.

Contactoarele acționate electromagnetic, se folosesc pentru pornirea și oprirea motoarelor electrice sau pentru închiderea și deschiderea unui circuit de comandă. În general, contactoarele sînt elemente finale ale

Fig. 21.10. Tipuri de întreruptoare buton:

a — normal deschis; b — normal închis; c — combinat.



dispozitivului electric de comandă, fiind montate în circuitul principal al organelor de acționare, care pot fi mașini electrice sau electromagneți.

Butoanele de comandă acționează asupra unor relee, care închid circuitele organelor de acționare. Marele avantaj al instalațiilor cu cutii de comandă este faptul că toate comenzile sînt centralizate, iar cutiile de comandă pot fi aduse de muncitor în oricare parte a mașinii.

Releele intermediare sînt simple, pentru un circuit electric, sau multiple, pentru mai multe circuite electrice. Ele se compun dintr-un electromagnet și din contactele mobile corespunzătoare. Tensiunea curentului de acționare a releelor este de 12; 48; 110; 22; 380 sau 500 V.

Releele de timp acționează după un interval de timp reglat în prealabil. Ele se utilizează la mașini-unelte, în cazurile cînd unele acționări trebuie să fie declanșate într-o ordine anumită, în funcție de timp, de exemplu, atunci cînd se cere ca pornirea motorului principal să se facă după ce motorul pompei de ungere a pornit și uleiul a intrat în circuitul de ungere. În acest caz, motorul pompei de ungere este pornit imediat, la apăsarea pe butonul de comandă principal, iar motorul principal este pornit după cîteva secunde, de releul de timp. Se deosebesc relee de timp cu mecanism de ceasornic, relee de timp cu amortizor, relee de timp termice și relee de timp electronice. Ele sînt reglabile pentru diferite intervale de timp din gama 0,4—180 s.

Dispozitivele de comandă electrice cu funcționare automată se compun din unul sau mai multe circuite electrice, la care impulsul de comandă nu este dat manual, ci automat de un organ al mașinii. La dispozitivele de comandă automată, organele de comandă cuprind un ansamblu declanșator: *opritorul și comutatorul electric*. Prin acționarea opritorului, comutatorul închide sau întrerupe unul sau două circuite electrice de comandă.

În figura 21.11 este reprezentată schema unui comutator simplu, prevăzut cu un contact normal închis și cu un contact normal deschis. Cama (1), montată pe organul în mișcare al mașinii (ex.: masa mașinii de frezat) lovind tija comutatorului (2), deconectează o pereche de contacte (3) și conectează o altă pereche (4). Comutatoarele simple, din cauza cursei lor lungi, se întrebuițează numai dacă organul, care poartă opritorul, se deplasează cu o viteză mai mare decît 0,4 m/min; altfel se întrebuițează comutatoare cu acțiune instantanee.

Comutatoarele cu arc revin în poziția inițială după ce se termină acțiunea opritorului. Microcomutatoarele au dimensiuni foarte reduse (ex.: 51×19×37 mm). Comutatoarele se folosesc în general pentru limitarea mișcării părților mobile ale mașinilor-unelte și pentru comutarea automată a vitezei de leplăsare a acestor organe. Ele sînt întrebuițate în mod foarte variat, în instalațiile de comandă ale mașinilor-unelte și ale liniilor automate. Comutatoarele se folosesc de asemenea ca limitatoare de sfîrșit de cursă și ca organe de siguranță ale mașinilor-unelte.

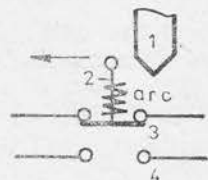


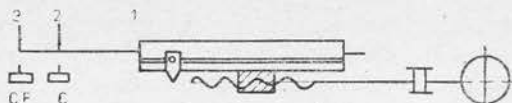
Fig. 21.11. Comutator simplu cu contact normal închis:

1 — camă; 2 — tija comutatorului; 3, 4 — perechi de contacte.

În figura 21.12 este reprezentat un caz simplu de utilizare a comutatoarelor. Prin apăsarea pe butonul de pornire masa mașinii pornește din poziția 1. În poziția 2 opritorul acționînd asupra comutatorului C deconectează motorul electric și masa se oprește. Comutatorul final CF servește ca organ de siguranță.

Fig. 21.12. Sistem de utilizare a comutatoarelor:

1, 2, 3 — poziții de funcționare; C — comutator; CF — comutator final.



În figura 21.13 sînt reprezentate opritoarele 1—6 montate pe un disc gradat A a dispozitivului de oprire automată a avansului longitudinal al unui strung. Opritoarele sînt fixate la diviziunile corespunzătoare cotelor longitudinale la care se cere oprirea automată a avansului. Discul A este rotit de mecanismul de avans. Prin închiderea contactului B opritoarele comandă, în funcție de spațiul parcurs de cuțit, închiderea circuitului unui electromagnet care acționează pîrghia prin care se oprește avansul longitudinal. Strungarul modifică poziția cuțitului pentru diametrul următor și apoi cuplează din nou avansul longitudinal și așa mai departe.

În figura 21.14 reprezentată schema electrică de acționare și comandă a unui strung fabricat în țara noastră.

Motorul asincron principal de acționare M_1 se pornește apăsîndu-se pe butonul de pornire BP, după ce în prealabil s-a închis întreruptorul I_1 . Contactorul L închide contactele L din circuitul de alimentare al motorului M_1 și contactul L legat în paralel cu BP; astfel este asigurată alimentarea bobinei contactorului și după ce BP nu mai este apăsător. Motorul M_1 se oprește cu butonul BO. Motorul de acționare a pompei M_2 se pornește prin întreruptorul I_2 . Se vede că motorul M_2 nu pornește decît după ce M_1 este legat la rețea.

Transformatorul T asigură alimentarea circuitului de iluminat la tensiune redusă. Protecția motoarelor M_1 și M_2 se realizează prin siguranțe și prin relee termice RB.

21.3. MECANISME INVERSOARE. INVERSORUL ELECTRIC

Aproape nu există mașină-unealtă la care să nu fie necesară inversarea sensului de rotație a axului principal sau sensul de mișcare a mesei de

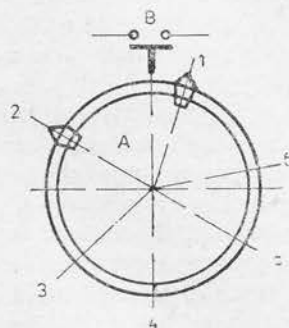


Fig. 21.13. Dispozitiv de oprire a avansului longitudinal a unui strung: 1, 2, 3, 4, 5, 6 — opritoare; A — disc gradat; B — contactor.

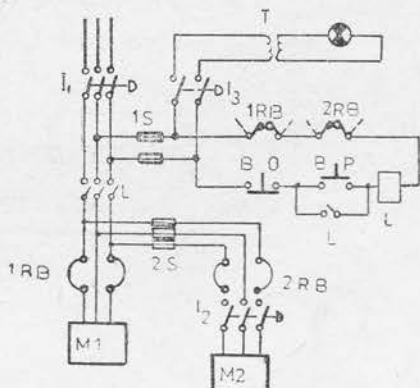


Fig. 21.14. Schema electrică de comandă și acționare a unui strung: M_1 , M_2 — motoare asincrone; 1RB, 2RB — relee termice; 1S, 2S — siguranțe fuzibile; I_1 , I_2 , I_3 — întreruptoare tripolare; T — transformator; BP — buton de pornire; BO — buton de oprire.

lucru, a suportului de cuțite sau a unui alt organ. Această inversare a sensului mișcării de rotație sau de translație se efectuează cu ajutorul mecanismelor inversoare, care pot fi: mecanice, hidraulice sau electrice.

Mișcarea inversată poate fi o mișcare de lucru sau o mișcare de gol (spre exemplu: pentru a se readuce piesa sau cuțitul în poziția de începere a aşchierii). Pentru mișcarea de gol se cere de obicei o viteză de două pînă la opt ori mai mare decît viteza de lucru.

La inversarea mișcării de rotație și a mișcării rectilinii, masele ce se găsesc în mișcare trebuie frinate, pentru a consuma astfel energia cinetică a organelor în mișcare. La inversoarele mecanice sau hidraulice această energie cinetică se transformă în căldură (prin frecarea curelei, a suprafețelor de contact ale cuplajelor etc.).

La mașinile electrice energia cinetică se transformă în căldură în mașina electrică respectivă sau este redată rețelei de energie electrică.

La inversoarele electrice, schimbarea sensului de rotație se face prin inversarea sensului de rotație al motorului electric.

Motoarele electrice reversibile sînt supradimensionate din cauza cantităților de căldură ce se dezvoltă la inversarea sensului de rotație. La acționarea prin sistemul Leonard se obține o inversare rapidă și fără șocuri. În mișcarea „înainte” motorul de curent continuu se rotește cu turația lui normală, care este reglabilă. Prin frinarea electrică, adică prin inversarea sensului curentului în rotor, turația motorului se reduce la zero și apoi crește din nou pînă la turația normală, însă în sens invers. Turația la mișcare „înapoi” poate fi reglată apoi la valoarea dublă fără dificultăți, prin micșorarea excitației.

Acest sistem, care cere o instalație electrică costisitoare, se folosește în special la mașinile de rabotat mari.

21.4. ELECTROMAGNEȚI, CUPLAJE ȘI SISTEME DE PRINDERE ELECTROMAGNETICE FOLOSITE LA MAȘINILE-UNELTE

21.4.1. ELECTROMAGNEȚI DE ACȚIONARE

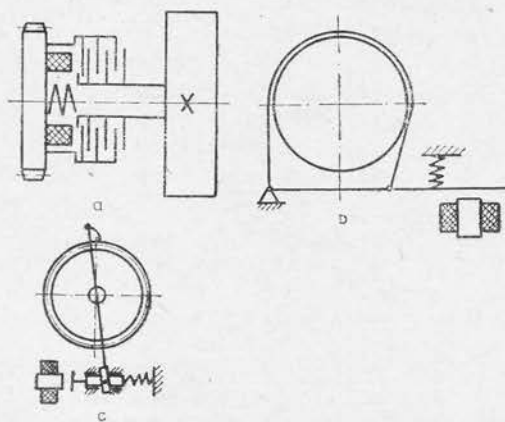


Fig. 21.15. Mecanisme acționate de electromagneți:

a — cuplaj cu lamele; b — frînă; c — mecanism cu clichet.

În ansamblurile cinematice ale mașinilor-unelte se utilizează frecvent mecanisme care în timpul ciclului de lucru trebuie să execute diferite mișcări intermitente sau curse relativ scurte. Astfel de mecanisme se întîlnesc des în lanțurile cinematice. Între mecanismele din această categorie, pot fi evidențiate cuplajele, frinele, mecanismele cu clichet, mecanismele de indexare etc. Pentru acționarea acestor mecanisme se utilizează din ce în ce mai mult diferite tipuri de electromagneți (fig. 21.15).

În general, electromagneții se aleg pe baza caracteristicilor funcționale ale mecanismului acționat folosindu-se cataloagele întreprinderilor de specialitate care conțin caracteristicile mecanice și constructive ale electromagneților fabricanți.

Deoarece regimul de funcționare al electromagnetului determină încălzirea lui, este necesar ca alegerea și proiectarea înfășurărilor să se facă ținându-se seamă de numărul de cicluri pe oră și de durata menținerii sub tensiuni în timpul fiecărui ciclu în parte.

Un alt aspect care trebuie avut în vedere la alegerea electromagneților îl constituie atmosfera de lucru. Din acest punct de vedere, în cazul mașinilor-unelte, interesează în unele cazuri posibilitatea amplasării electromagneților în medii conținând agenți chimici sau surse de căldură dăunătoare izolației.

Din punctul de vedere al curentului folosit în înfășurările electromagneților, circuitele pot fi alimentate în curent continuu și în curent alternativ.

În cazul mașinilor-unelte se folosesc electromagneți de curent continuu, pentru acționarea mecanismelor din lanțul cinematic principal (cuplaje, frîne) și de curent alternativ monofazat, pentru acționarea elementelor de comandă din circuitele hidrostatice (ventile, distribuitoare, sertărașe-pilot etc.).

Tensiunile de alimentare cel mai frecvent folosite sînt 24, 48, 120, 380 și 500 V la electromagneții de curent alternativ, iar la curent continuu 110 și 220 V.

În ceea ce privește modul de acționare, electromagneții pot avea armătura cu mișcare de translație sau cu mișcare de rotație. La mașinile-unelte se folosesc aproape exclusiv electromagneți cu mișcare de translație a armăturilor. Circuitul magnetic are mai frecvent forma E sau U pentru jug și I sau T pentru armătură.

21.4.2. CUPLAJE ELECTROMAGNETICE

Printre sistemele de cuplaje frecvent întîlnite la mașinile-unelte moderne și în special la mașinile automate se numără și cuplajele electromagnetice.

Cuplajele electromagnetice, în raport cu celelalte tipuri, prezintă o serie de avantaje care constau în:

- viteza și precizia cuplării și decuplării ridicată;
- comoditatea realizării comenzilor de la distanță;
- ușurința inversării sensului de mișcare fără oprirea motorului de acționare;
- asigurarea unui număr mare de cuplări succesive;
- asigurarea unor porniri-line, prin reglarea vitezei decuplare;
- consum mic de putere;
- construcție relativ simplă ș.a.

Datorită avantajelor enumerate, cuplajele electromagnetice sînt preferate la construcția mașinilor-unelte grele și cu mișcare rectilinie alternativă, iar în unele cazuri sînt indispensabile. Un exemplu tipic de utilizare a cuplajelor electromagnetice îl constituie schemele cinematice ale mașinilor automate cu comandă după program, cum și ale mașinilor-unelte de tipul rabotezelor. În cazul mașinilor-unelte grele cuplajele electro-

magnetice permit evitarea șocurilor la pornire și reducerea uzurii pieselor de frecare, prin reducerea maselor antrenate.

Pentru acționarea cuplajelor cu ajutorul magneților se pot folosi atât magneții permanenți cât și electromagneții.

Pe baza principiilor funcționale, cuplajele electromagnetice pot fi clasificate în:

- cuplaje electromagnetice normale;
- cuplaje electromagnetice prin inducție;
- cuplaje electromagnetice magnetodielectrice.

În categoria cuplajelor electromagnetice normale sînt cuprinse cuplajele cu gheare, cu dinți, cu pene rotitoare și cuplajele prin fricțiune.

La aceste cuplaje, electromagnetul trebuie să asigure forța necesară cuplării (deplasării părții mobile a cuplajului și menținerea acesteia în poziția cuplat). Prin urmare, parametrii constructivi ai cuplajului se vor stabili pe baza momentului de torsiune maxim pe care trebuie să-l transmită.

21.4.3. CUPLAJE CU FRICȚIUNE

Cel mai frecvent întâlnite în construcția mașinilor-unelte sînt cuplajele cu fricțiune. La acestea, forța electromagnetului trebuie să asigure transmiterea momentului de torsiune pentru care s-a proiectat cuplajul; iar transmiterea acestui moment se realizează prin forța de frecare rezultată între suprafețele active ale discurilor.

La mașinile-unelte se utilizează o gamă întreagă de forme constructive pentru cuplajele electromagnetice. Această varietate de forme este dictată de diversitatea tipurilor de mașini-unelte și de diferențierile constructive folosite chiar în construcțiile realizate pentru același tip de mașină-unelte.

În figura 21.16 este reprezentat un cuplaj electromagnetic cu fricțiune cu un singur disc pentru realizarea legăturii cinematice între doi arbori.

Cuplajul se compune din corpul feromagnetic 1, bobina 3, și armătura 2. Semicupla 1 este montată prin șuruburi pe bucșa 5, care este montată la rîndul ei pe arborele 6. Pe această bucșă sînt montate inelele de contact 7, prin care se face alimentarea bobinei 3 cu curent electric. Cealaltă semicuplă este formată din armătura 2, montată pe arborele 8,

prin intermediul bucșei 9. Armătura este baladoare pe bucșa 9 și cînd electromagnetul nu este sub tensiune este menținută în poziția retras de arcurile 10. În această situație inelele 4, montate pe suprafețele frontale ale corpului feromagnetic și a armăturii, nefiind în contact, mișcarea nu se va putea transmite între cei doi arbori.

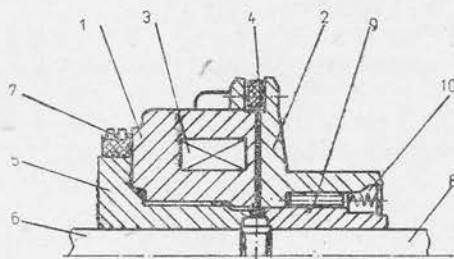


Fig. 21.16. Cuplaj electromagnetic cu fricțiune:

1 — semicuplă; 2 — armătură; 3 — bobină;
4 — inele; 5 — bucșă; 6 — arbore; 7 —
contact; 8 — arbore; 9 — bucșă; 10 —
curi.

La punerea sub tensiune a bobinei, corpul feromagnetic va atrage armătura și mișcarea se va transmite de la un arbore la celălalt, prin suprafețele de frecare ale inelelor 4.

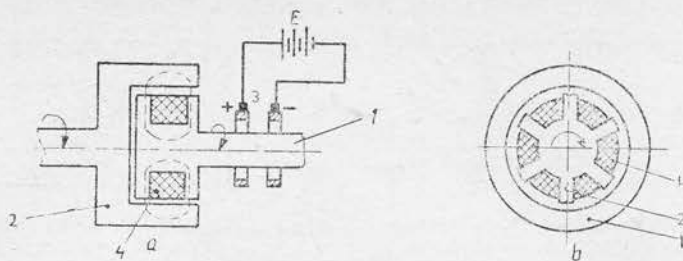


Fig. 21.17. Cuplaje electromagnetice de alunecare: *a* — vedere laterală; *b* — secțiune transversală; 1 — arbore; 2 — disc acționat; 3 — perii de contact; *E* — baterie de acumuloare pentru alimentare cu energie electrică; 4 — bobina electromagnetului.

Mișcarea va înceta să se transmită numai în momentul deconectării bobinei, când arcurile 10 vor provoca retragerea armăturii. Bobina 3 se alimentează cu curent continuu.

21.4.4. CUPLAJE ELECTROMAGNETICE PRIN INDUCȚIE

La aceste cuplaje operația de cuplare se realizează exclusiv prin interacțiunea electromagnetică între cele două părți ale cuplei. Un astfel de cuplaj este cel cu alunecare, a cărui principiu de funcționare este prezentat în figura 21.17. Elementul mobil cuplat la arborele motor 1 constă dintr-un electromagnet cu polii proeminenți. Partea acționată 2 este formată dintr-un disc.

Interacțiunea dintre fluxul magnetic al polilor magnetului permanent și curenții turbionari ce se induc în disc, creează un moment care tinde să țină discul 2 în aceeași poziție relativă față de arborele 1 care se rotește. Discul va urmări polii, rotindu-se însă cu o viteză puțin mai mică decât arborele 1, creînd astfel o oarecare alunecare. Fenomenul este întrucîtva similar cu funcționarea motorului asincron.

21.4.5. FRÎNE ELECTROMAGNETICE

Frînele electromagnetice nu diferă principial de soluțiile folosite pentru cuplaje, aceasta avînd în vedere posibilitatea utilizării cuplajelor ca frînă. Funcționarea lor constă în apăsarea organului de frecare pe corpul în mișcare, realizîndu-se o frecare uscată. Astfel de frîne pot lucra cu saboți, cu bandă, cu disc etc.

Electromagneții pentru frîne se construiesc pentru curent continuu (110 și 220 V) și alternativ, monofazat (220 V) și trifazat (380 și 500 V).

21.5. DISPOZITIVE DE FIXARE MAGNETICE ȘI ELECTROMAGNETICE

În categoria dispozitivelor de fixare magnetice și electromagnetice sînt cuprinse mesele (fig. 21.18 și 21.19) și platourile mașinilor-unelte care permit fixarea pieselor, în timpul prelucrării, prin flux, magnetic. Aceste

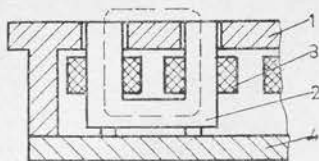


Fig. 21.18. Masă electro-magnetică pentru piese de dimensiuni mari:

1 — placă superioară (silumin, fontă); 2 — miez magnetic în formă de U; 3 — înfășurările electromagnetului; 4 — placa inferioară a electromagnetului.

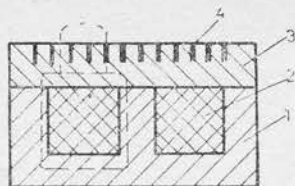


Fig. 21.19. Masă electro-magnetică pentru piese de dimensiuni mici:

1 — carcasă feromagnetică; 2 — bobină; 3 — placă superioară; 4 — canale de separare.

dispozitive pot fi cu formă dreptunghiulară (folosite la mașinile cu mișcare mesei rectilinie-alternativă) sau cu formă rotundă (folosită la mașinile la care masa are mișcare circulară).

Dispozitivele de fixare electromagnetice sînt alimentate cu curent continuu (110 V; 0,3 A), obținut prin redresarea curentului alternativ al rețelei sau de la un grup generator.

Mesele magnetice au poli din magneți permanenți realizați pe baza unor aliaje de nichel și magneziu. Aceste aliaje au un magnetism remanent pronunțat, fapt care permite utilizarea lor după magnetizare mai mulți ani. La reducerea proprietăților magnetice, aceștia se supun unei noi magnetizări și sînt redați în exploatare.

Fixarea magnetică are o serie de avantaje, în comparație cu fixarea mecanică, atât în ceea ce privește reducerea timpului necesar fixării pieselor pe mașina-unealtă, cît și a asigurării preciziei de execuție. Aceste avantaje sînt mai evidente la prelucrarea pieselor mici, întrucît înlătură posibilitatea deformării sub influența forțelor de strîngere, specifice sistemelor mecanice. În același timp, fixarea prin dispozitive magnetice și electromagnetice permite dilatarea liberă a pieselor în timpul prelucrării.

Dezavantajele acestor dispozitive constau în faptul că realizează forțe de fixare reduse și pot provoca desprinderea pieselor în cazul întreruperii curentului la electromagnet.

Piesele așezate pe masă vor forma o punte peste cel puțin unul dintre canalele de separație, iar o parte din fluxul magnetic rezultat la alimentarea bobinei le va străbate, asigurînd fixarea.

La toate dispozitivele cu fixare electromagnetică, desprinderea pieselor după prelucrare se face prin deconectarea curentului de alimentare al bobinelor.

Dispozitivele de fixare cu magneți permanenți au o formă asemănătoare celor electromagnetice, lipsindu-le însă înfășurările, iar corpul dispozitivului este executat în toate cazurile din material nemagnetic.

Dispozitivele de fixare electromagnetice pentru mase în mișcare de rotație (platourile electromagnetice) au principiul de funcționare similar celui arătat la mesele cu mișcare rectilinie-alternativă. Tipurile constructive diferă unele de altele prin modul de amplasare a bobinelor, numărul lor și forma polilor magnetici. Platoul are, de obicei, suprafața oglindă prevăzută cu o serie de canale profilate.

21.6. DETERMINAREA PUTERII MOTOARELOR PENTRU ACȚIONAREA MAȘINILOR-UNELTE

Pentru acționarea mașinilor-unelte este important să se aleagă tipul de motor (de curent continuu sau alternativ) și caracteristicile sale tehnice, astfel încât să satisfacă în cele mai bune condiții regimul de funcționare specific mașinii.

Tipul de motor se alege ținându-se seamă de caracteristica mecanică impusă de tehnologia de prelucrare și de dinamica mecanismelor din lanțul cinematic acționat, iar puterea nominală se stabilește în funcție de regimul de funcționare pe care trebuie să-l asigure motorul.

Alegerea corectă a motoarelor folosite la acționarea diferitelor lanțuri cinematice se poate face numai dacă se ține seamă de diagrama de sarcină, diagramă care trebuie să reflecte fidel variația sarcinii în timpul lucrului la mașina-unelte. La întocmirea diagramei se ține seamă de o serie de factori printre care o importanță deosebită o prezintă succesiunea fazelor de lucru, a perioadelor de mers în gol sau de oprire, durata acestora, durata ciclului de lucru etc.

Formele caracteristice ale diagramelor de sarcină, frecvent întâlnite în acționarea mașinilor-unelte sînt reprezentate în figura 21.20.

Diagrama *a* corespunde mașinilor-unelte la care durata unui ciclu de lucru este mare, iar sarcina se menține constantă în tot timpul prelucrării. Acest regim este specific acționării mașinilor-unelte universale, a mașinilor-unelte grele (strunguri carusel, mașini de frezat portal, strunguri normale mari), precum și mașinilor de frezat roți dințate cu frezămecle etc.

Diagrama *b* corespunde acelor mașini la care sarcina variază periodic între aceleași limite și determină la motor un regim de funcționare de durată cu sarcină variabilă. Aceste diagrame sînt specifice mașinilor de mortezat, mașinilor de rabotat tip șeping și ferăstraielelor cu mișcare rectilinie-alternativă.

Diagrama *c* este specifică mașinilor-unelte cu mișcare rectilinie alternativă din categoria mașinilor de rabotat.

Diagrama *d* este corespunzătoare regimului de funcționare intermitent, fiind specifică pentru majoritatea mașinilor-unelte ușoare (mașini de găurit, de filetat, de alezat, de rectificat, de frezat etc.).

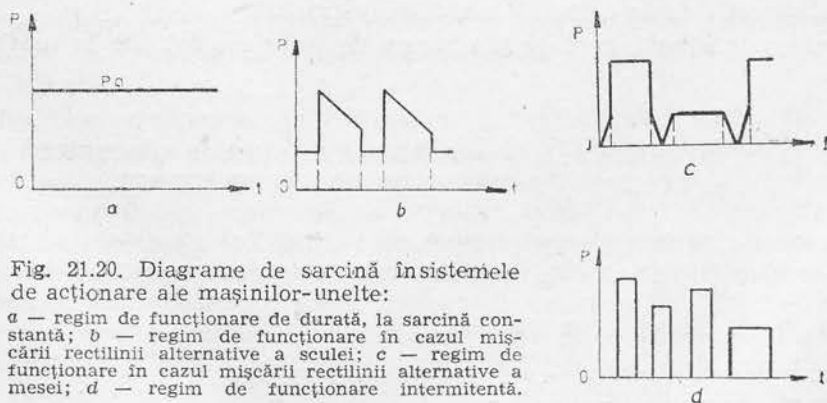


Fig. 21.20. Diagrame de sarcină în sistemele de acționare ale mașinilor-unelte:

a — regim de funcționare de durată, la sarcină constantă; *b* — regim de funcționare în cazul mișcării rectilinii alternative a sculei; *c* — regim de funcționare în cazul mișcării rectilinii alternative a mesei; *d* — regim de funcționare intermitentă.

21.7. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE ALE MAȘINILOR-UNELTE

Funcționarea fără întreruperi și cu un randament optim a unei mașini-unelte depinde de buna organizare a exploatării, de asigurarea deservirii, a întreținerii permanente și efectuarea la timp a lucrărilor de reparații planificate.

Fiabilitatea instalației electrice este facilitată de modul în care se execută întreținerea și repararea tuturor subansamblurilor mașinilor-unelte corelat cu cea a mașinilor, dispozitivelor și instalațiilor electrice propriuzise.

La revizia de serviciu zilnică a mașinilor-unelte, operația ce se face fără oprirea lor, lăcătușul și electricianul de serviciu urmărește atent modul în care funcționează mașina-unelte în ansamblu precum și instalațiile și mecanismele aferente fiecărei mașini. Totodată, pentru completarea informațiilor asupra funcționării mașinilor-unelte, lăcătușul și electricianul de serviciu interoghează pe muncitorii care deservesc mașinile-unelte, în scopul descoperirii și înlăturării din timp a oricărui defecte mai mici, prevenind prin aceasta posibilitatea apariției deteriorărilor mai mari.

În tot timpul reviziei periodice se verifică starea suprafețelor în frecare, se constată jocurile care depășesc pe cele normale, se verifică starea instalației de ungere, se verifică starea dispozitivelor și a mecanismelor de cuplare ale mașinii, se înlocuiesc piesele uzate ușor accesibile etc. Abaterile constatate asupra stării pieselor și subansamblurilor mecanice ale mașinilor-unelte se pot răsfringe atît asupra calității pieselor prelucrate, cît și a instalațiilor electrice de acționare a mașinilor-unelte. Buna funcționare a instalațiilor electrice de acționare, comandă și protecție își are la rîndul ei repercusiuni asupra continuității și siguranței în funcționare a mașini-unelte.

Iată de ce întreținerea și repararea instalațiilor electrice la mașinile-unelte reprezintă o activitate deosebită, căreia trebuie să i se acorde atenția cuvenită în procesul de lucru al mașinilor-unelte.

Întreținerea și repararea părții electrice a mașinilor-unelte se referă la:

- mașinile electrice folosite la acționarea mașinilor-unelte;
- dispozitivele de comandă a mașinilor-unelte;
- electromagneți, cuplaje și sisteme de prindere folosite la mașinile-unelte.

21.7.1. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA MAȘINILOR ELECTRICE FOLOSITE LA ACȚIONAREA MAȘINILOR-UNELTE

Tehnologia de întreținere și reparare a mașinilor electrice utilizate la acționarea mașinilor-unelte, fie ele motoare asincrone cu rotorul în scurt-circuit ori bobinat, motoare și generatoare de curent continuu, sau mașini electrice speciale de tipul amplidinei și rotorului este similară celei prezentată într-un capitol anterior intitulat „Tehnologia întreținerii și reparării mașinilor electrice”.

Problemele specifice cît și cele generale asupra defectelor, cauzelor și modului de remediere a defectelor, precum și tehnologia de întreținere și reparare a mașinilor electrice pentru acționarea mașinilor-unelte, se regăsesc, într-o formă ori alta, în capitoul sus-amintit.

21.7.2. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA DISPOZITIVELOR DE COMANDĂ ELECTRICĂ A MAȘINILOR-UNELTE

Așa cum s-a arătat, în categoria dispozitivelor de comandă electrică a mașinilor-unelte intră aparatele electrice de conectare neautomate: întreruptoarele cu cuțit (pîrghie), întreruptoarele pachet, controlerele, întreruptoarele buton, precum și aparatele electrice de conectare automată: conectoare cu relee, întreruptoare și comutatoare.

Repararea întreruptoarelor cu pîrghie și pachet. Elementele sensibile care se deteriorează mai frecvent la aceste aparate sînt contactele, mecanismele de sacadare și piesele construite din materiale electroizolante.

Uzura contactelor la aparatele de conectare neautomată, spre deosebire de cele automate, este mai rapidă din cauza capacității reduse de rupere și de închidere pe care o au sub acțiunea arcului electric. Dacă uzura nu este prea pronunțată, contactele se vor curăți cu ajutorul unei pile fine, iar dacă uzura sau gradul de oxidare a contactelor este mare, acestea se vor înlocui cu contacte confecționate dintr-un material identic cu cel original.

La mecanismele de sacadare, care asigură o deschidere a contactelor cu o viteză independentă de viteză de manevră a aparatului, defectele care apar se datoresc slăbirii sau ruperii arcului ori uzurii camelor de sacadare. În ambele cazuri, piesele defecte se înlocuiesc.

Piesele din materiale electroizolante se deteriorează din cauza vibrațiilor, loviturilor, arcului electric sau impurității mediului ambiant. Dacă urmele lăsate pe aceste piese din material electroizolant nu sînt pronunțate, atunci ele se pot supune unei curățări cu o perie de sîrmă, urmată de o lustruire și o acoperire cu un lac bachelitic, ALM, ori alt loc electroizolant de acoperire. Dacă însă, piesele din materiale electroizolante prezintă uzuri, săpături, arsuri înaintate sau carbonizări, atunci ele se înlocuiesc, pentru a se realiza calitățile electroizolante inițiale, impuse aparatului electric. Nu se recomandă introducerea camerelor de azbociment în parafină topită, întrucît acestea se aprind sub acțiunea arcului electric.

Repararea controlerelor. Controlerele permit realizarea simplă a oricărei scheme de comandă neautomată a motoarelor electrice. În ceea ce privește repararea controlerelor, probleme deosebite ridică contactele mobile, sub formă de segmenti, așezate pe niște sectoare circulare din fontă, precum și contactele fixe de tip deget. Aceste contacte se uzează datorită arcului electric care se formează între aceste piese la deschidere. Din acest motiv, ele se execută astfel, încît în caz de uzură înaintată să se poată înlocui cu altele noi. Dacă uzura nu este pronunțată, iar pe contacte sînt doar numai urme de oxizi, contactele se vor curăți cu o pilă foarte fină, avîndu-se în vedere păstrarea formei geometrice, atît pentru

contactul fix cît și pentru cel mobil, pe care acestea o aveau și înaintea operației de curățare. La controlurile cu came se va urmări uzura camei și profilul acesteia față de situația inițială. Dacă nu sînt posibile ajustări în vederea restabilirii profilului camei și a cursei pîrghiei duble cu role, cama uzată se va înlocui cu una nouă. De asemenea, este necesar ca periodic articulațiile pîrghiei cu role să se ungă cu o vaselină minerală.

Repararea întreruptoarelor buton. Uzura contactelor depinde de valoarea intensității curentului, de numărul de conectări la care a fost supus aparatul și de calitatea și forma materialului din care au fost confecționate contactele. Dacă este necesar, contactele se curăță cu o pilă foarte fină, iar apoi se ung cu vaselină neutră.

Repararea contactoarelor și întreruptoarelor automate. Tehnologia lucrărilor de întreținere și reparare a acestor aparate s-a tratat într-un capitol anterior intitulat: „Tehnologia întreținerii și reparării întreruptoarelor electrice“.

Repararea comutatoarelor. Defectele care apar la comutatoare, în general, și la cele folosite ca limitatoare de cursă sînt cauzate de uzura contactelor, distrugerea izolației, defectarea microîntreruptorului sau a sistemelor de acționare ale acestora. Cu excepția microîntreruptorului (microcomutatorului) care se înlocuiește în caz de defect, celelalte elemente componente ale comutatoarelor se repară în caz de defectare.

Arcul defect, de readucere a tijei comutatorului în poziție inițială, de regulă se înlocuiește cu altul nou.

21.7.3. REPARAREA CUPLAJELOR ȘI FRINELOR ELECTROMAGNETICE

Cuplaje și frinele electromagnetice reparate trebuie să ambreieze ușor, fără ca apoi să patineze ori să debreieze singure. Dacă totuși aceste inconveniente au loc, atunci trebuie verificată, în primul rînd, starea de uzură a discurilor de frecare, iar în al doilea rînd circuitul electromagnetic care creează forța de atracție ce se transpune între suprafețele de frecare.

Discurile de frecare sînt executate din oțel de cementare, avînd grosimea de aproximativ 1 mm, iar dimensiunea stratului cementat de circa 0,3 mm. În cazul uzurii și abaterilor de la dimensiunile nominale, discurile se înlocuiesc cu altele neuzate. Suprafețele de frecare ale discurilor trebuie șlefuite, pentru a se preveni griparea în timpul funcționării.

Se poate întîmpla ca la unele cuplaje electromagnetice cu discuri să se producă o întîrziere la decuplare, datorită magnetismului remanent. Remedierea acestui neajuns se face folosindu-se pentru piesele de frecare materiale cu forța coercitivă redusă. Pentru cuplajele cu acțiune rapidă se vor utiliza oțeluri cu un conținut sporit de siliciu (4,5%), deoarece neutralizează acțiunea carbonului și reduce pierderile prin histerezis.

În situația încălzirii exagerate a corpului feromagnetic al cuplajului sau frinei electromagnetice, cauza încălzirii este alimentarea în curent alternativ în loc de curent continuu a bobinei electromagnetului. Dacă

bobinele cuplajelor electromagnetice sînt alimentate cu curent alternativ, carcasa feromagnetică se execută din tole de oțel pentru transformatoare, pentru reducerea curenților turbionari.

21.7.4. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA DISPOZITIVELOR ELECTROMAGNETICE DE FIXARE A PIESELOR

Buna funcționare a dispozitivelor electromagnetice este condiționată de precizia de prelucrare a suprafeței plăcii pe care se așează piesele (oglină), fapt pentru care în vederea asigurării planeității se impune ca ultima prelucrare să fie executată chiar pe mașina la care se va utiliza dispozitivul.

De asemenea, repararea dispozitivului electromagnetic de fixare a pieselor, comportă controlul bobinei și miezului magnetic al electromagnetului propriu-zis, care dacă prezintă defecte se remediază după tehnologiile prezentate în capitolele anterioare.

Ținîndu-se seamă de faptul că în timpul utilizării pe dispozitiv se împrășteie emulsia folosită la prelucrare, protecția bobinelor prezintă o importanță deosebită, fapt pentru care este necesar să se efectueze o probă de etanșare, după terminarea operațiilor de reparare și remontare a dispozitivului propriu-zis.

O problemă care se pune la folosirea dispozitivelor electromagnetice de prindere, este demagnetizarea pieselor scoase de pe platourile și mesele magnetice și dispozitivelor. Operația se execută pe dispozitive de demagnetizare de forma celor din figura. 21.21. Masa pentru demagnetizarea pieselor se compune din corpul 1 în care se află miezul magnetic 2, avînd pe cele două brațe bobinele 3. Pentru demagnetizare, piesele sînt așezate pe placa superioară 4, formată din două piese polare separate printr-un strat de material diamagnetic 5. La alimentarea bobinelor cu curent alternativ, deplasîndu-se piesele pe placa superioară peste peretele de material diamagnetic se produce demagnetizarea.

Dispozitivul pentru demagnetizarea pieselor se atașează platourilor electromagnetice, iar demagnetizarea se face trecîndu-se piesele prin jghiabul 1 înfășurat de bobina 2, alimentată în curent alternativ (fig.21.22).

Întreținerea și repararea dispozitivelor de demagnetizare nu pune probleme deosebite față de cele tratate pentru miezurile magnetice și bobinele electrice.

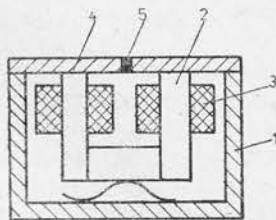


Fig. 21.21. Masă electro-magnetică pentru demagnetizarea pieselor:

1 — corpul mesei; 2 — miez magnetic; 3 — bobine; 4 — placă superioară; 5 — material diamagnetic.

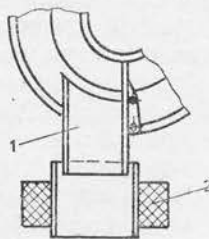


Fig. 21.22. Dispozitiv pentru demagnetizarea pieselor:

1 — jgheab; 2 — bobină.

21.7.5. VERIFICAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE A MAȘINILOR-UNELTE DUPĂ REPARAȚIE

Verificările mașinilor și întreruptoarelor electrice aferente mașinilor-unelte sînt identice cu cele specificate în capitolele anterioare referitoare la tehnologia lucrărilor de reparații pentru mașinile electrice și, respectiv pentru întreruptoarele electrice.

Dispozitivele de pornire electrice trebuie să funcționeze fără refuz. Nu este admisă nici o întârziere a cuplării, chiar cu caracter întîmplător.

Rezistența de izolație a bobinelor electromagneților trebuie să fie mai mare de 1 MΩ.

Forța specifică de atracție pentru platourile electromagnetice trebuie să nu scadă sub 2,5 daN/cm², iar magnetismul remanent să nu depășească 0,1 din forța specifică de atracție.

21.8. UNELE ASPECTE PRIVIND ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA PĂRȚILOR MECANICE A MAȘINILOR-UNELTE

Întreținerea. În timpul funcționării mașinilor-unelte fiecare muncitor care le deservește va urmări în mod obligatoriu eventualele zgomote pe care le pot produce mecanismele mașinilor-unelte, cum și întreaga instalație de ungere a acestora, iar atunci cînd se constată anomalii de funcționare normală se vor lua măsuri imediate pentru remedierea, recurgîndu-se dacă este cazul la oprirea mașinilor-unelte.

Ungerea este un factor foarte important de care depinde funcționarea fără întrerupere și sigură a mașinilor. Ungerea corectă și la timp a mașinilor-unelte micșorează uzura pieselor în frecare, sporește durata de serviciu și reduce consumul de energie. Pentru ungerea mașinilor-unelte se întrebuițează, de obicei, uleiuri și unsori minerale. Uleiurile cele mai întrebuițate sînt: uleiurile de mașină, de fusuri, de cilindri, de vaselină și velocid.

În timpul ungerii mașinilor-unelte, trebuie să se dea o atenție deosebită ungerii și întreținerii lagărelor. În timpul funcționării lagărelor se constată adeseori că se încălzesc. Încălzirea la peste 30...40°C a lagărelor poate fi provocată de următoarele cauze:

- uleiul este debitat la suprafețele în frecare în cantitate insuficientă sau debitarea lui este complet oprită;
- mașina este supraîncărcată;
- uleiul conține impurități (nisip, pulberi metalice etc.);
- mașina este greșit asamblată (lagărele sînt prea strînse, ajustajele sînt necorespunzătoare etc.).

Pentru evacuarea căldurii produse în timpul așchierii se trimite un lichid de răcire asupra sculei de așchiere. Ca lichide de răcire se întrebuițează mult emulsiile, de exemplu soluția de 6% emulsol, preparat din ulei mineral 70—80%, săpun 18—20%, alcool 2,5—5% și apă 4—5%. Lichidul de răcire este trimis la locul de așchiere cu o pompă sau prin curgere liberă dintr-un rezervor, fixat mai sus decît mașina-unealtă.

Repararea. Cu prilejul reparațiilor curente planificate se efectuează înlocuirea — la date diferite — a pieselor în mișcare uzate și a pieselor

care se uzează și se rup cel mai ușor. Reparația curentă este însoțită de oprirea de scurtă durată a mașinii.

Lucrările caracteristice pentru reparația curentă RC_1 a mașinilor-unelte sînt următoarele:

— Demontarea parțială a subansamblurilor mașinii, și anume: la *strunguri* — saniile superioare, căruciorul și pompa; la *strungurile revolver* — căruciorul portcuțit și pompa; la *mașinile de găurit* — axul principal; la *mașinile de frezat* — masa și pompa; la *șepinguri* — berbecul, blocul culisei și căruciorul.

— Curățirea filtrelor și a instalației de ungere.

— Răzuirea suprafețelor de frecare.

— Înlocuirea sau repararea pieselor uzate.

— Eliminarea jocurilor.

— Repararea transmisiilor.

— Verificarea și repararea motoarelor electrice și a aparatului electric ș.a.

La reparațiile curente (RC_2), de durată mai lungă, reparații medii, se execută:

— Demontarea tuturor subansamblurilor la care sînt uzuri, și anume: la *strunguri*: cutia de viteze și cea de avansuri, axul principal, sania principală și cea transversală, păpușa mobilă, pompele de răcire și de ungere, transmisia individuală; la *mașini de găurit*: axul principal, cutia de viteze și cea de avansuri, masa de lucru, pompa de răcire, instalația de ungere; la *mașini de frezat*: axul principal, cutia de viteze și avansuri, mecanismul pentru cursa automată a mesei, capul divizor și menghina, pompele pentru răcire și ungere; la *mașini de rabotat*: saniile, căruciorul, mecanismul pentru schimbarea vitezelor de deplasare a mesei și de inversare a sensului de mers al mesei, mecanismul de avans, pompa de ulei, transmisia, diverse dispozitive; la *șepinguri*: căruciorul, berbecul, masa, mecanismul de avans și de culisă, cutia de viteze, transmisia, instalația de ungere.

— Rectificarea axelor, răzuirea ghidajelor.

— Repararea ambreiajelor.

— Înlocuirea lagărelor, bușelor, roților dințate uzate.

— Reglarea cuplajelor cu fricțiune.

— Verificarea și repararea mașinilor electrice și a aparatului electric ș.a.

La reparația capitală a mașinilor-unelte se efectuează demontarea completă a mașinii și se înlocuiesc sau se repară toate piesele uzate, inclusiv organele principale. De asemenea, se reglează și se verifică toate mecanismele, se verifică precizia mașinii, puterea și productivitatea ei. Se pot executa lucrări de modernizare a mașinii în scopul introducerii procedeelor de prelucrare rapidă și cu productivitate și calitate superioară față de cea avută înainte de reparație.

În cele ce urmează se vor prezenta cîteva aspecte privind separarea unor mașini-unelte și verificările care se fac după aceste reparații:

21.8.1. REPARAREA STRUNGURILOR NORMALE

Înainte de a se trece la repararea strungului normal, se vor face cîteva verificări, în vederea stabilirii lucrărilor de ajustare. Aceste verificări se referă la determinarea coinciderii înălțimii vîrfurilor păpușilor fixă și

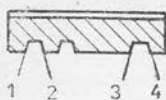


Fig. 21.23. Detaliu de cărucior a unui strung normal: 1, 2, 3, 4 — suprafețele căruciorului situate în contact cu sistemul de ghidaj ale acestuia.

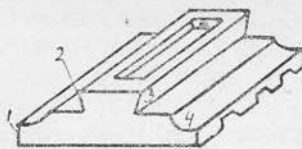


Fig. 21.24. Vedere a unui cărucior care permite deplasarea saniei strungului: 1, 2, 3, 4 — suprafețe de deplasare.

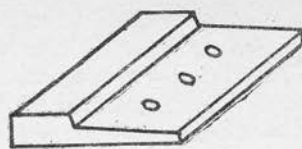


Fig. 21.25. Placa de strângere inferioară a unui strung.

mobilă, paralelismului axei axului principal cu ghidajele păpușii mobile și a stării ghidajelor patului.

După ce au fost executate verificările necesare ale mașinii-unelte se începe reparația ei, adică operațiile de demontare a mașinilor-unelte, de spălare a pieselor, constatarea defectelor, reparația pieselor, ajustarea lor și asamblarea mașinii-unelte.

Repararea căruciorului constă, de obicei, în ajustarea suprafețelor de contact cu patul și sania transversală. Această reparație se face după terminarea reparării ghidajelor patului.

Ajustarea căruciorului cu ghidajele patului se face întâi cu pila, iar apoi cu răzuitorul, dacă mărimea devierii variază între 0,2 și 0,4 mm (fig. 21.23). Apoi se răzuiesc suprafețele căruciorului pentru deplasarea saniei. Se verifică paralelismul suprafețelor 6 și 7 în plan orizontal (fig. 21.24). Abaterea admisibilă de la paralelism este de 0,02 mm la pozițiile extreme ale saniei.

Plăcile de strângere inferioare strâng căruciorul pe ghidajele inferioare ale patului și se ajustează cu aceste ghidaje prin rectificare, astfel încât căruciorul să se poată deplasa ușor pe ghidajele patului având buloanele inferioare bine strinse, iar calibrul cu grosimea de 0,04—0,05 mm să nu poată trece între placă și batiu (fig. 21.25).

Placa turnantă, aflată pe suprafața superioară a saniei transversale, se ajustează prin răzuirea suprafețelor superioare de ghidaj 1, 2, 3 și 4 (fig. 21.26). Rectificarea părții de lucru a bazei plăcii turnante se începe după răzuirea definitivă a suprafețelor de ghidaj superioare și verificarea paralelismului acestor suprafețe cu ghidajele saniei transversale în plan vertical. Se admit abateri pe lungimea cursei saniei port-cuțit spre partea păpușii mobile, de 0,02; 0,03 și 0,05 mm, iar pentru înălțimea vîrfurilor strungului, respectiv de 150—175 mm, 200—350 mm și mai mare de 400 mm.

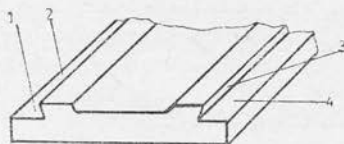


Fig. 21.26. Placa turnantă a unui cărucior: 1, 2, 3, 4 — suprafețe de glisaj.

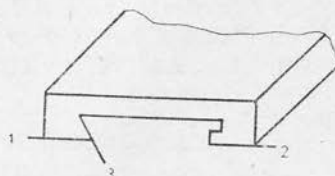
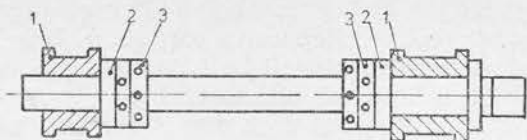


Fig. 21.27. Sania port-cuțit a unui strung: 1, 2, 3 — suprafețe de glisaj.

Fig. 21.28. Axul principal al păpușii fixe aferent unui strung:

1 — cuzinet; 2 — inel de sprijin; 3 — piuliță.



Repararea saniei portcuțit constă în rectificarea suprafețelor 1, 2 și 3 care se uzează, și a penei saniei portcuțit. Suprafețele 1 și 2 ale saniei portcuțit se rectifică simultan după placa de control, iar suprafața laterală 3 a saniei portcuțit se rectifică și se verifică cu urme de vopsea după suprafața conjugată a saniei turnante (fig. 21.27).

La repararea păpușii fixe, trebuie reparate următoarele piese principale: axul principal, lagărele și inelele de reazem ale axului principal și corpul păpușii fixe. Rectificarea cuzinetului se face pînă cînd urmele de vopsea vor indica sprijinirea completă a acestuia, iar prin strîngerea piulițelor și contrapiulițelor, axul principal se va roti ușor. Se admite o deplasare axială a axului principal de maximum 0,01 mm pentru o înălțime a vîrfurilor pînă la 350 mm, și de 0,02 mm pentru înălțimea vîrfurilor de peste 350 mm (fig. 21.29).

Repararea păpușii mobile constă în repararea corpului, a plăcii-suport, a pinolei, a piuliței, a șuruburilor și a flanșei păpușii mobile uzate. Reparația începe după ce au fost reparate ghidajele patului, păpușa fixă și căruciorul. Reparația păpușii mobile începe prin rectificarea plăcii-suport după ghidajele patului, urmărindu-se ca acestea să fie paralele (fig. 21.29).

Reparația păpușii mobile nu este complicată, însă se ivesc mari dificultăți din cauza necesităților obținerii coaxialității precise a vîrfurilor

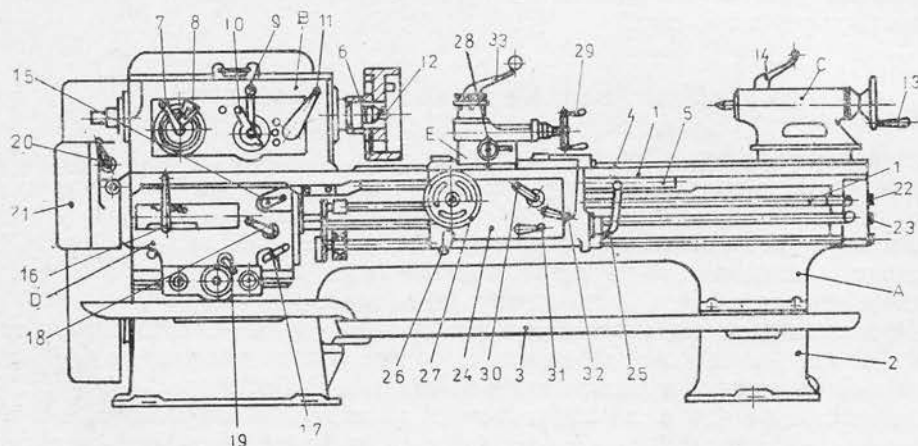


Fig. 21.29. Strung normal tip 1A62-S3:

1 — pat; 2 — picior; 3 — tavă; 4 — ghidaj prismatic; 5 — cremallieră; 6 — arbore principal; 7, 9, 11 — manete pentru schimbarea vitezelor; 8 — indicator de turație a arborelui principal; 10 — manetă pentru mărirea pasului; 12 — vîrf; 13 — roată de mină pentru mișcarea pinolei; 14 — manetă pentru blocarea pinolei; 15, 16, 17 — manete pentru avans și pas de filet; 18 — manetă pentru cuplarea șurubului conducător și a axului avansurilor; 19 — manetă pentru filete cu pas metric și cu pas în țoli; 20 — manetă pentru inversarea sensului de mișcare a căruciorului în timpul procesului de filetare; 21 — apărătoarea lirei; 22 — șurub conducător; 23 — axul avansurilor; 24 — cutia căruciorului; 25 — manetă pentru pornirea, oprirea și inversarea sensului de rotire al arborelui principal; 26 — manetă pentru inversarea sensului de mers al căruciorului; 27 — roată de mină pentru avansul longitudinal normal; 28 — roată de mină pentru avansul transversal normal; 29 — roată de mină pentru acționarea manuală a saniei portcuțit; 30 — manetă pentru cuplarea avansului automat transversal și longitudinal; 31 — manetă pentru cuplarea avansului automat; 32 — manete; 33 — manetă pentru rotirea și blocarea portcuțitului; A — batiul; B — păpușa fixă; C — păpușa mobilă; D — mecanism de avansuri; E — căruciorul.

păpușilor fixă și mobilă. Centrarea păpușilor se face prin ajustarea păpușii mobile. Reparația păpușii mobile, a cărei vîrf este mai înalt decît vîrfurile axului păpușii fixe, poate fi executată fie prin răzuirea planului de lucru inferior al plăcii-suport a păpușii mobile, fie prin rectificarea planului de asamblare cu planul corpului păpușii mobile.

Centrarea păpușii mobile care are vîrfurile mai jos decît vîrfurile axului păpușii fixe se poate face prin strunjirea găurii interioare pentru pinolă din păpușa mobilă, astfel încît vîrfurile ei să coincidă cu vîrfurile păpușii fixe și să se execute o pinolă nouă după gaura strunjită din păpușa mobilă.

Reparația pieselor mecanismului de avans constă în recondiționarea pieselor principale care se uzează: șurubul conducător, axul avansurilor, piulița de cuplare, roțile dințate, axele canelate și netede, cutia de avansuri, diferitele lagăre și bușe.

Șurubul conducător și axul avansurilor se montează după ce s-au răzuțit ghidajele superioare ale patului; după ce căruciorul, corpul cutiei de avans și suportul s-au montat la locurile lor; s-au curățat cu răzuitorul bavurile sau urmele de lovire existente pe suprafețele de reazem sau găurile pentru bușe; s-au înlocuit bușele uzate prin altele noi, cu alte diametre exterioare și interioare.

Axele lagărelor șurubului conducător trebuie să fie paralele cu ghidajele patului în plan vertical și în plan orizontal. Verificarea se efectuează, succesiv, la ambele capete ale patului, cu un comparator montat pe cărucior.

Abaterile în plan vertical și în plan orizontal trebuie să nu depășească, pe întreaga lungime a șurubului 0,1 mm pentru strungurile cu înălțimea vîrfurilor pînă la 350 mm, și 0,15 mm pentru strungurile cu înălțimea vîrfurilor peste 350 mm.

21.8.2. REPARAREA STRUNGURILOR-REVOLVER

Reparația strungurilor-revolver este asemănătoare în multe privințe cu reparația strungurilor normale. Reparația patului cu ghidajele prismatice și plane se execută ca și la strungurile normale.

Strungurile-revolver au, de obicei, un cărucior și un cap-revolver. Căruciorul transversal, prin caracterul lucrărilor de reparație, are multe puncte comune cu căruciorul strungului normal.

Reparația capului-revolver are particularitățile sale. Dificultatea reparației capului-revolver este cauzată de necesitatea asigurării coincidenței fiecărei axe a găurilor pentru scule cu cea a axului principal.

Suprafața de jos a capului-revolver se răzuiește după suprafața de reazem a căruciorului, care se îmbină cu capul-revolver. Capul-revolver, bine ajustat, trebuie să nu aibă joc.

21.8.3. REPARAREA MAȘINILOR DE FREZAT (fig. 21.30)

Reparația corpului mașinilor de frezat constă, în special, în reparația ghidajelor uzate și lovite. În general, partea centrală a ghidajelor este cea mai uzată. Reparația ghidajelor corpului începe prin curățirea cu răzuitorul a rizurilor existente pe suprafețele lor. Apoi, mașina se așează perfect orizontal. Precizia de instalare este de cel puțin 0,04 mm pe lun-

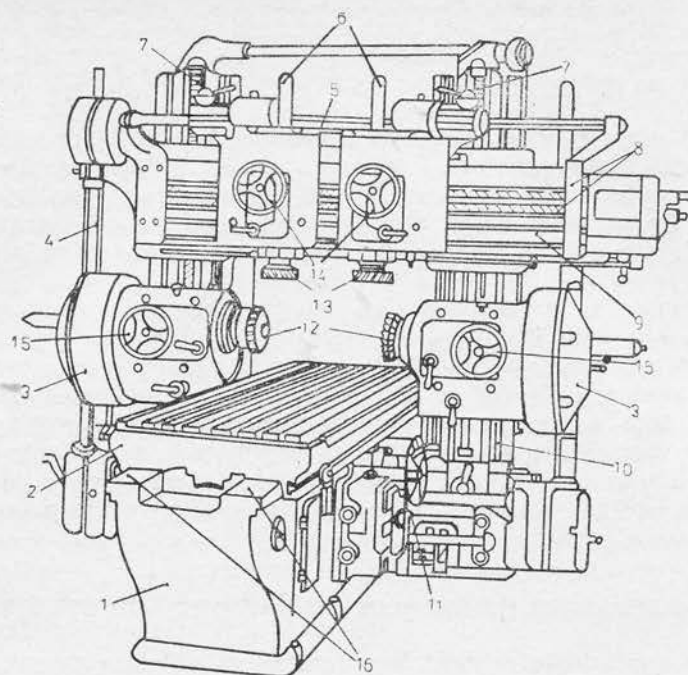


Fig. 21.30. Mașină longitudinală mixtă de frezat:

- 1 — batiu; 2 — cărucior longitudinal cu masă de lucru; 3 — cărucior cu ax portfreză orizontal și cu motor individual; 4 — ax intermediar de antrenare a cărucioarelor de pe montași și al axelor portfreză verticală; 5 — ax de antrenarea axelor portfreză verticală; 6 — cărucior portfreză cu ax vertical; 7 — ax filetat pentru deplasarea pe verticală a traversei orizontale; 8 — ax filetat pentru deplasarea orizontală a cărucioarelor de pe o traversă; 9 — traversă orizontală; 10 — coloană verticală de ghidaj; 11 — roată de mină pentru deplasarea mesei pe batiu; 12 — frezele axelor portfreză orizontale; 13 — frezele axelor portfreză verticale; 14 — roată de mină pentru deplasarea axului portfreză vertical; 15 — roată de mină pentru deplasarea axului portfreză orizontal; 16 — ghidajele batiului pentru masa de lucru.

gimea de 1 000 mm. Mărima uzurii ghidajelor se verifică cu rigla și cu calibrul de interstiții. Dacă uzura este de 0,5 mm sau mai mare, corpul se rabotează. Uzurile și rizurile locale (cu lungimea pînă la 20 mm) se repară prin încărcare cu aliaj de antifricțiune. Ghidajele cu uzura de 0,15—0,20 mm se rectifică sau se ajustează manual prin pilire, răzuire și apoi finisare cu paste adezivate.

Reparația saniei transversale (fig. 21.31) se face prin ajustare, prin rectificarea suprafețelor inferioare 1 care se îmbucă cu consola și ajustarea suprafețelor 3 care se îmbucă cu planele inferioare ale mesei. Răzuirea se verifică cu urme de vopsea pe o placă de control specială, iar ajustarea, după suprafețele de îmbinare ale mesei. Reparația mesei se face prin ajustarea suprafețelor de lucru inferioare 1 și 4, iar apoi, ajustarea suprafețelor de lucru laterale 2 și 3, care se îmbucă cu sania transversală a mesei (fig. 21.32).

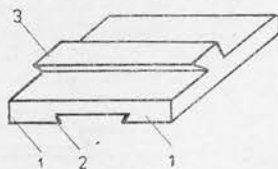
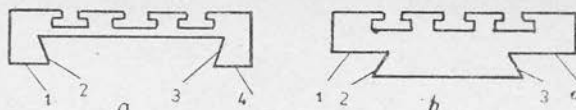


Fig. 21.31. Sania transversală a mașinii longitudinale mixte de frezat:

- 1, 2, 3 — suprafețe de glisaj.

Fig. 21.32. Profiluri ale mesei mașinii longitudinale mixte de frezat:

a, b — tipuri de profile; 1, 2, 3, 4 — suprafețe de gilsaj.



Dacă sînt urme mari de lovire și asperități, suprafața de lucru a mesei se rabotează. După rabotare, suprafața mesei trebuie să fie plană în direcțiile longitudinală și transversală. De asemenea, suprafața mesei trebuie să fie paralelă cu ghidajele longitudinale și transversale. Abaterile admisibile trebuie să nu depășească 0,02—0,04 mm pe lungimea de 500 mm.

Reparația axului principal și cuzineții lagărelor de alunecare se efectuează prin metodele obișnuite.

Reparația cutiilor de viteze și de avansuri constă în repararea sau în înlocuirea axelor, a bușelor, a lagărelor de alunecare, a rulmenților, a roților dințate, a penelor etc. care se uzează în timpul exploatării mașinilor de frezat. Toate aceste piese se repară prin procedeele obișnuite.

Fusurile axelor se strungesc și se rectifică, sau se recondiționează prin cromare, prin calarea pe ele a unor bușe, cum și prin alte procedee.

Bușele uzate se înlocuiesc cu altele noi.

21.8.4. REPARAREA MAȘINILOR DE RABOTAT LONGITUDINAL

Reparația mașinii de rabotat longitudinal constă în repararea patului, a mesei, a montanților, a traversei și a săniilor.

Reparația patului mașinii-unelte începe prin curățirea suprafețelor ghidajelor cu răzuitorul și prin verificarea poziției orizontale a patului.

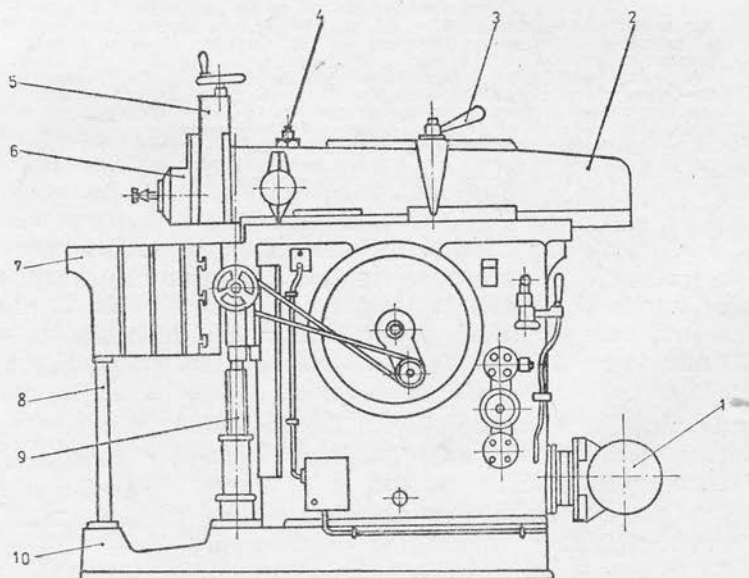
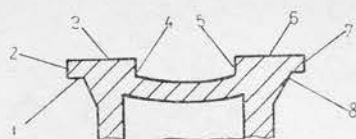


Fig. 21.33. Mașina de rabotat longitudinală avînd cursa berbecului de 650 mm:

1 — motor electric de acționare; 2 — berbec; 3 — șurub de blocare a mecanismului pentru schimbarea cursei berbecului; 4 — mecanisme pentru schimbarea cursei berbecului; 5 — sanie intermediară mică; 6 sanie portcușit; 7 — masă portpresă 8 — susținător al mesei; 9 — șurub conducător pentru ridicarea mesei; 10 — soclu.

Fig. 21.34. Ghidajele patului mașinii longitudinale de rabotat:

1, 8 — suprafețe interioare; 2, 4, 5, 7 — suprafețe laterale; 3, 6 — ghidaje propriu-zise.



Precizia instalării se verifică cu o nivelă și trebuie să fie de cel puțin 0,04 mm pe lungimea de 1 000 mm.

Ghidajele se rabotează și apoi se răzuiesc (fig. 21.33), dacă uzura ghidajelor depășește 0,50 mm. Ghidajele se pilesc și apoi se răzuiesc sau se rectifică dacă uzura ghidajelor este de 0,25—0,50 mm. Paturile se rectifică în cazul uzurii ghidajelor pînă la 0,25 mm.

După rabotarea ghidajelor, acestea se verifică pentru constatarea rectității lor. Pentru mașinile de rabotat longitudinal (fig. 21.34) se admite o abatere de 0,05—0,07 mm pe lungimea de 1 000 mm.

Reparația meselor la mașinile de rabotat constă în repararea suprafeței lor de lucru și a canalelor pentru fixarea pieselor, în rectificarea ghidajelor și în ajustarea cremalierei mesei.

Reparația săniilor portcuțit constă în ajustarea suprafețelor de îmbucare ale glisierelor și ale penelor, și în reparația și înlocuirea șuruburilor, a piulițelor și a altor piese uzate ale săniilor portcuțit. Ajustarea fețelor glisierelor care intră în contact cu traversa se face după ce s-a terminat răzuirea suprafețelor traversei.

21.8.5. REPARAREA MAȘINILOR DE GĂURIT CU COLOANĂ ȘI A MAȘINILOR DE GĂURIT RADIALE

Reparația mașinilor de găurit (fig. 21.35) se compune din operații de reparație a patului, cutiei de viteze, a coloanei principale cu mecanismul de avansuri, a consolei cu masa, cum și a altor mecanisme.

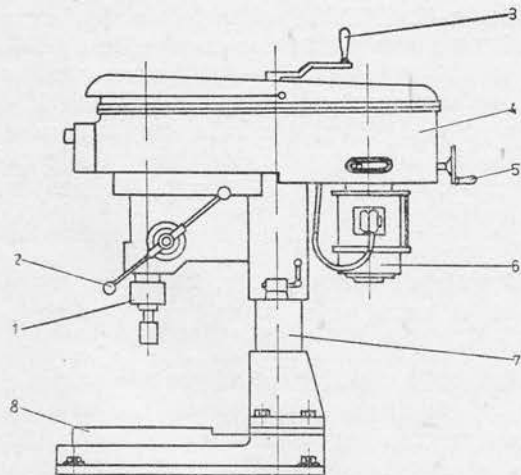


Fig. 21.35. Mașină de găurit de masă:

1 — arbore principal; 2 — manetă pentru avans; 3 — manivelă pentru deplasarea în sens vertical a carcasei; 4 — carcasă; 5 — roată de mină pentru schimbarea turărilor; 6 — motor electric de acționare; 7 — coloană; 8 — masă de lucru.

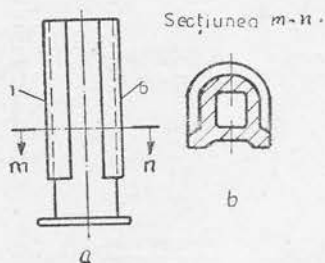


Fig. 21.36. Ghidajele patului mașinii verticale de găurit:

a — vedere laterală; b — secțiune m-n; 1, 6 — suprafețe verticale frontale.

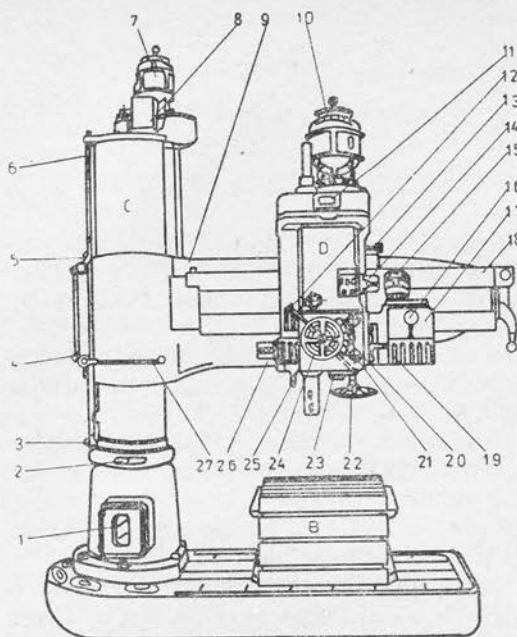


Fig. 21.37. Mașină de găurit radială:

A — soclu; B — masă; C — coloană; 1 — tabloul electric de comandă; 2 — inel de prindere manual sau electric; 3 — întreruptor automat pentru sfârșit de cursă verticală; 4, 5 — fixator de braț; 6 — întreruptor automat pentru sfârșit de cursă; 7 — motor electric de cursă verticală; 8 — întreruptorul cursei verticale; 9 — braț; 10 — motor electric pentru acționarea dispozitivului de găurire; 11 — vizor; 12 — tahometru; 13 — pană cu rolă; 14 — întreruptor de avans; 15 — motor pentru deplasarea căruciorului; 16 — ampermetru; 17 — cutia mecanismului de deplasare; 18 — glisieră; 19 — pîrghie de cuplare pentru deplasare; 20 — indicator de adîncime a găurii; 21 — indicator de nivel a uleiului; 22 — roată manuală pentru mișcarea de avans a burghiului; 23 — întreruptor de avans; 24 — roată manuală pentru deplasarea laterală a căruciorului; 25 — braț cu palier; 26 — pîrghie de accelerație; 27 — pîrghie de fixare a brațului.

Paturile mașinilor de găurit verticale au forme diferite; la mașinile moderne, cele mai răspîndite sînt paturile cu ghidaje drepte și cu ghidaje în formă de coadă de rîndunică (fig. 21.36).

În cazul în care uzura depășește 0,5 mm, ghidajele paturilor se rabotează și apoi se rectifică. În cazul uzurii ghidajelor patului de 0,2—0,5 mm ele se rectifică sau se pilesc cu șlefuire ulterioară. Paturile cu uzura ghidajelor pînă la 0,2 mm se rectifică (fig. 21.36).

În cazul mașinilor de găurit radiale (fig. 21.37), suprafețele de lucru ale coloanei se rectifică, dacă ovalitatea sau uzura lor depășește 0,08—0,14 mm pentru diametrele pînă la 400 mm și 0,15—0,225 mm pentru diametrele peste 400 mm. Coloana se montează pe placa de bază, verificîndu-se perpendicularitatea cu nivela. Pentru mașinile cu lungimea brațului pînă la 1 400 mm, abaterile de la perpendicularitate trebuie să fie sub 0,02 mm pe 1 000 mm, iar pentru mașinile cu lungimea brațului peste 1 400 mm — de 0,03 mm.

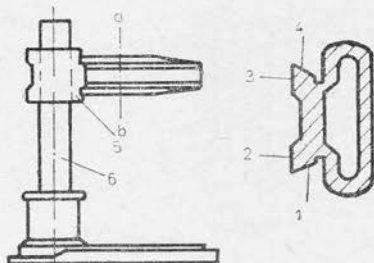


Fig. 21.38. Brațul de ghidare al mașinii radiale de găurit:

1, 4 — suprafețe laterale; 2, 3 — suprafețe de ghidare ale brațului; 5 — manșon de susținere a brațului; 6 — coloană cilindrică.

Brațele de ghidare (fig. 21.38) se rabotează în cazul unei uzuri ce depășește 0,5 mm.

Reparația cutiilor de viteze ale mașinilor de găurit verticale constă în ajustarea găurii pentru lagăre și bucle, în repartitia sau înlocuirea buclelor, a lagărelor, a roților dințate, a axelor, a cuplajelor, a mecanismelor de cuplare și decuplare, etc.

Reparația mesei mașinii de găurit verticale constă în ajustarea suprafețelor de

ghidare ale consolei, în rabotarea suprafeței mesei și în reparația pieselor mecanismului de ridicare a mesei.

Suprafața de lucru a mesei trebuie să fie plană în toate direcțiile. Pentru mașinile de găurit verticale masa se rabotează pe lungimea de 300 mm atunci când abaterile depășesc 0,03—0,04 mm.

21.9. VERIFICAREA MAȘINILOR-UNELTE DUPĂ REPARAȚIE

În urma reparației, mașinile-unelte sînt supuse anumitor verificări, dintre care se menționează:

- verificarea mașinilor prin revizie exterioară și la mersul în gol;
- verificarea preciziei geometrice a mașinilor-unelte;
- verificarea preciziei mașinilor-unelte sub sarcină;
- verificarea rigidității mașinilor-unelte.

Încercarea la mersul în gol se face după revizia mașinilor-unelte. În timpul încercării se cuplează consecutiv toate vitezele axului principal, ale căruciorului sau mesei, începînd cu cea mai mică.

Funcționarea mașinii-unelte cu viteza maximă trebuie să dureze, fără întrerupere, cel puțin o oră. În timpul încercării se verifică, prin cuplările respective, mecanismele automate, mecanismele de avansuri, funcționarea sistemului de ungere și de debitare a lichidului de răcire etc.

Toate cuplările și decuplările trebuie să se efectueze ușor, fără efort mare. În timpul încercării, mașina trebuie să funcționeze liniștit, fără să se producă înțepenirea axului principal și nici a celorlalte axe, a culisei etc. Zgomotul excesiv, cum și ridicarea temperaturii lagărelor peste 60°C, nu trebuie să aibă loc. Toate transmisiile mașinii-unelte trebuie să funcționeze lin, fără să provoace șocuri sau vibrații.

Toate angrenajele trebuie să funcționeze liniștit cu angrenarea normală a dinților roților la toate vitezele. Deplasarea săniilor la toate vitezele posibile trebuie să se facă liber și fără înțepenire.

Păpușa mobilă a mașinii-unelte trebuie să se fixeze sigur.

Încercarea la precizie a mașinilor-unelte se face în două direcții: a) verificarea geometrică a mașinii-unelte la precizia de montare și b) verificarea preciziei de funcționare a mașinii-unelte.

Întîi se verifică orizontalitatea așezării mașinii-unelte și funcționarea corectă a instrumentelor de măsurat care se folosesc.

Înainte de încercare, mașina-unealtă trebuie să fie instalată exact, pe un postament rigid sau pe o fundație.

Toate mașinile-unelte reparate trebuie să fie supuse încercării de calitate și de precizie a prelucrării, în timpul funcționării. Încercările se efectuează cu sculele corect ascuțite și călite. În timpul încercării nu se admite vibrarea mașinilor-unelte.

Strungurile normale și strungurile-revolver se încearcă sub sarcină, prin degroșarea unui bloc la turația minimă, secțiunea maximă a așchiei și un regim de așchiere rațional, timp de cel puțin o jumătate de oră.

Șepingurile se încearcă sub sarcină, prin degroșarea unui bloc de oțel. Semifabricatul trebuie să aibă laturile mai mici decît dimensiunile mesei

mașinii-unelte și înălțimea pînă la 200 mm. Degroșarea se face cu un cuțit de oțel rapid, fără răcire, cel puțin o jumătate de oră, cu numărul minim de curse duble și regimul de așchiere rațional.

Mașinile de rabotat se încearcă, de asemenea, prin degroșarea unui semifabricat de oțel sau de fontă cu un cuțit de oțel rapid. Dimensiunile semifabricatului trebuie să fie mai mici decît dimensiunile mesei, iar înălțimea pînă la 200 mm.

Mașinile de frezat se încearcă sub sarcină prin degroșarea unui bloc de oțel, în decurs de o jumătate de oră, cu o freză de oțel rapid, cu un număr minim de rotații ale frezei și cu secțiunea maximă a așchiei.

Mașinile de găurit se încearcă sub sarcină, executîndu-se 10—15 găuri într-un bloc de oțel cu înălțimea de pînă la 120 mm. Diametrul găurilor trebuie să fie maxim pentru mașina dată. Găurile se execută cu turația minimă a axului principal și cu secțiunea maximă a așchiei.

Un subansamblu oarecare al unei mașini-unelte, sub acțiunea sarcinii aplicate, poate să cedeze puțin, revenind apoi în poziția sa inițială, cînd acțiunea sarcinii aplicate încetează; aceasta însă poate conduce la modificarea poziției reciproce a sculei și a piesei care se prelucurează.

Rigiditatea subansamblurilor mașinii-unelte se caracterizează prin capacitatea de a rezista la deformările elastice, sub acțiunea sarcinii aplicate. Ea se măsoară cu un dinamometru special.

Se verifică la rigiditate, de exemplu, subansamblul axului principal, căruciorul și păpușa mobilă ale strungurilor, subansamblul axului principal, masa și brațul mașinilor de frezat orizontale, subansamblul axului principal și masa mașinilor de frezat longitudinal etc.

O serie de experiențe au arătat că principala cauză a deplasării subansamblurilor mașinilor-unelte este existența jocurilor de contact între piese, insuficient ajustate. Deplasarea este cu atît mai mică cu cît suprafața de contact a pieselor, ce constituie ajustajul, este șlefuită „pînă la luciu” sau rectificată fin.

21.10. VOPSIREA MAȘINILOR-UNELTE CU OCAZIA REPARAȚIEI

Vopsirea mașinilor-unelte are ca scop să protejeze piesele mașinilor împotriva coroziunii și se dea mașinii-unelte un aspect estetic. Stratul de vopsea aplicat trebuie să fie elastic și să nu se fisureze ori exfolieze la variații de temperatură.

Vopseaua veche se îndepărtează prin ardere cu lampa cu benzină sau cu soluții de acid fosforic, săruri ale acestuia și alcaline. Grunduirea se face cu o pensulă obișnuită ca și vopsirea.

Chituirea este necesară pentru a se face netedă și egală suprafața ce urmează să fie vopsită. Chitul poate avea următoarea compoziție: ocră — 8,7 g, alb de zinc — 6,8 g, miniu — 3,0 g, cretă — 58,5 g, ulei de colofoniu — 28,0 g. După ce chitul se usucă, el se șlefuește manual cu piatra ponce și hîrtie emeri sau cu o mașină de șlefuit electrică sau pneumatică specială. Vopsirea, propriu-zisă, se poate face manual cu pensula prin mișcări largi în direcție longitudinală, iar apoi transversală, sau cu „pistolul” de vopsit. Vopseaua poate fi de ulei, email ori nitrovopsele.

TEHNOLOGIA ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII MAȘINILOR DE RIDICAT ȘI TRANSPORTAT

22.1. GENERALITĂȚI

Siguranța în exploatarea mașinilor de ridicat și transportat este condiționată, printre altele, și de efectuarea la timp a lucrărilor de întreținere și reparații. Prin efectuarea acestor lucrări se urmărește menținerea parametrilor funcționali și asigurarea funcționării în condiții normale a acestor mașini.

Mașinile de ridicat cuprind: macaralele staționare, macaralele deplasabile (macarale turn, poduri rulante, automacarale etc.), ascensoarele.

Caracteristicile tehnice ale acestor mașini sînt:

- sarcina nominală;
- viteza de deplasare a mașinii;
- viteza de deplasare a căruciorului;
- viteza de deplasare a cîrligului;
- înălțimea de ridicare;
- deschiderea între reazeme;
- deschiderea părții în consolă.

Mașinile de transportat cuprind: transportoarele cu organ flexibil (transportoare cu bandă, cu lanț, cu palete, cu raclete, cu cupe etc.); transportoare fără organ flexibil (planuri înclinate, transportoare elicoidale, cu rulouri etc.) și instalații de transbordare (transportoare deplasabile, încărcători mecanici).

Caracteristicile tehnice mai importante ale acestor mașini sînt:

- productivitatea mașinii;
- viteza de lucru;
- viteza de transport;
- înălțimea de transport;
- înălțimea maximă și minimă de descărcare;
- dimensiuni geometrice ale benzii, melcului, încărcătorului etc.

Mașinile de ridicat și transportat au o durată de utilizare de 20—30 de ani și chiar mai mult. În timpul exploatării mașinilor de ridicat și transportat se produce scăderea randamentului din cauza progresării rapide a uzurii și distrugerii diferitelor piese și organe de mașini.

Uzura pieselor și organelor componente este accelerată și de faptul că, în majoritatea lor, mașinile de ridicat și transportat lucrează în regim intermitent și variabil, cu frînări mecanice și electrice bruște, la variații și șocuri de sarcină. O influență dăunătoare asupra duratei de funcționare o are și mediul în care lucrează aceste utilaje (praf de ciment, agenți corosivi, temperaturi înalte etc.).

Uzura mașinilor de ridicat și transportat nu poate fi evitată, însă durata lor de utilizare se poate prelungi printr-o exploatare, întreținere și reparație rațională.

22.2. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA ECHIPAMENTULUI ELECTRIC AL MAȘINILOR DE RIDICAT ȘI TRANSPORTAT

Prin echipament electric la mașinile de ridicat și transportat se înțelege ansamblul format din motoare electrice, aparataj și instalații electrice de comandă, acționare și protecție, necesare punerii în mișcare a mașinilor de ridicat și transportat. Echipamentul electric al unei mașini de ridicat sau de transportat se grupează, după funcțiile îndeplinite, astfel:

- aparate electrice de conectare automată și neautomată;
- aparate de protecție și de siguranță;
- aparate electrice de acționare;
- aparate de pornire și reglare;
- instalații electrice.

22.3. APARATELE ELECTRICE DE CONECTARE

Aparatele electrice de conectare automată cuprind: contactoarele, rup-toarele, contactoarele cu relee, întreruptoarele; iar aparatele electrice de conectare neautomate cuprind: separatoarele, întreruptoarele și comu-tatoarele pachet, prizele și fișele industriale.

22.3.1. REPARAREA APARATELOR ELECTRICE DE CONECTARE

Părțile la care survin deseori defecțiuni în timpul funcționării sînt contactele, camerele de stingere ale arcului electric, bobina de acționare și circuitul magnetic.

— Repararea *contactelor* se face prin curățirea lor cu o pilă foarte fină, tehnologie descrisă în capitolele anterioare.

— Repararea *bobinelor de acționare*. Bobinele aparatelor de conectare automată se ard ori de cîte ori acestea se află sub tensiune și circuitul magnetic rămîne deschis. Menținerea unui intrefier mai mare decît cel prevăzut de fabrică, în timp ce electromagnetul se găsește cuplat la rețea determină o suprasarcină pentru acesta, care, în final, duce la arderea bobinei de acționare.

Pentru repararea bobinei trebuie să se cunoască: tensiunea rețelei la care va lucra bobina, diametrul conductorului și numărul de spire.

În curent alternativ, numărul de spire se determină cu relația cunoscută:

$$N = \frac{U \cdot 10^8}{4,44 f B S} \quad (22.1)$$

— Repararea *circuitului magnetic*. Fetele de lucru uzate ale electro-magnetului (fixe și mobile) trebuie rectificate la o mașină de rectificat plan sau corectate cu pila și apoi unse cu unsoare neutră. Dacă miezul mobil nu se suprapune peste cel fix, crește curentul absorbit de bobină și aceasta se arde datorită supraîncălzirii.

În cazul ruperii spirei în scurtcircuit, de înlăturare a vibrațiilor datorate alternanțelor curentului alternativ, acesta se lipește cu aliaj de cupru cu argint.

22.3.2. REPARAREA APARATELOR ELECTRICE DE CONECTARE NEAUTOMATĂ

Lucrările de reparații asupra pieselor ce se uzează la acest tip de aparate au fost prezentate în capitolul 21.

22.4. APARATE ELECTRICE DE PROTECȚIE ȘI DE SIGURANȚĂ

Ca elemente principale pentru protecția și siguranța circuitelor electrice, a aparatajului de comandă și comutare, cum și a motoarelor electrice pentru mașinile de ridicat și transportat se folosesc următoarele:

- siguranțe fuzibile;
- întreruptoare automate;
- dispozitive de blocare a întreruptorului automat principal când controlerul nu se găsește în poziția de oprire;
- relee care protejează circuitele electrice și motoarele electrice contra supratensiunilor, a scurtcircuitelor și a tensiunii minime sau nule;
- dispozitive de întrerupere a curentului la urcare pe pod sau la deschiderea ușii de la cabina macaralei;
- limitatoare de cursă pentru mecanismele în mișcare.

Siguranțele fuzibile protejează instalația împotriva suprasarcinilor și a scurtcircuitelor. Pentru instalații de forță, intensitatea nominală a fuzibilelor siguranțelor poate să fie de cel mult de trei ori curentul maxim admisibil în mod permanent la conductoarele pe care se montează. Nu se vor depăși densitățile maxime de curent la pornire de 35 A/mm^2 pentru conductoarele de cupru și 20 A/mm^2 pentru conductoarele de aluminiu.

La arderea fuzibilelor, siguranțele se înlocuiesc cu altele de aceeași valoare, calibrate. Ele nu se repară.

Întreruptoarele automate, se repară conform indicațiilor prezentate în capitolul 20.

Releele. Releele pun în funcțiune aparatele de întrerupere sau semnalizare și protejează rețelele și motoarele electrice.

Cele mai răspândite relee sînt cele termice cu lamelă de bimetal și cele electromagnetice.

Un defect frecvent la aceste relee este apariția unui scurtcircuit între spirele bobinelor, ca o consecință a distrugerii izolației conductoarelor. În acest caz, bobina se execută din nou, cu aceleași caracteristici, după care se va impregna cu lac de bachelită. În cazul în care în instalațiile electrice ale mașinilor de ridicat și transportat se găsesc întreruptoare automate cu relee termice și electromagnetice, acestea se reglează corespunzător valorilor curenților de declanșare cuprinse în tabelul 22.1.

Releele de tensiune minimă și de lipsă de tensiune se repară prin aducerea în stare inițială a circuitului magnetic, bobinei de tensiune sau de curent, resoartele antagoniste, cum și a contactelor electrice și a sistemului de articulație.

Limitatoarele de cursă servesc la limitarea mișcărilor prin deconectare automată a motoarelor electrice sau a instalațiilor de automatizare, în pozițiile extreme, după care funcționarea mai departe poate să ducă la avarii.

**Valorile curentului de declanșare ale releelor termice și
electromagnetice în cazul unor întrerupătoare automate**

Curentul nominal al întreruptorului A	Curentul nominal al releului A	Limita de reglare	
		Releu termic A	Releu electromagnetic A
10	1	0,6—1	5—10
	2	1,2—2	10—20
	5	3—5	25—50
	10	6—10	50—100
25	15	9—15	75—150
	25	15—25	125—250
60	30	18—30	150—300
	60	36—60	300—600
100	80	48—80	400—800
	100	60—110	500—1 000
200	150	90—150	750—1 500
	200	120—200	1 000—2 000
400	315	189—315	1 575—3 150
	400	204—400	2 000—4 000

Limitatoarele de cursă sînt aparate prevăzute cu contacte electrice, montate în circuitul bobinei de tensiune a automatului de pornire, prin a căror deschidere se întrerupe circuitul de alimentare a motorului electric.

Limitatoarele de cursă se montează la: translația macaralei, translația căruciorului, ridicarea și coborîrea cîrligului, înclinarea brațului etc.

Limitatoarele de cursă la ridicarea cîrligului. Intrarea în funcțiune se face atunci cînd mufa 1 împinge în sus furca articulată 2 (fig. 22.1). De furcă este legat un capăt al cablului de declanșare 3. Celălalt capăt se leagă la o pîrghie, care pune în acțiune două ventile de descărcare 4. Prin acestea, aerul din ambreiajul inversorului pentru sensul de ridicare și din servomotorul frînei este evacuat și ridicarea cîrligului și bascularea brațului se opresc.

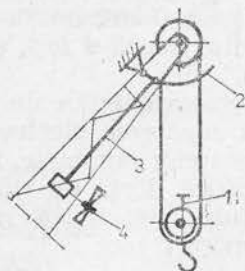


Fig. 22.1. Limitator de cursă la ridicarea cîrligului:

1 — manșon; 2 — furcă articulată; 3 — cablu de deplasare; 4 — ventile de descărcare.

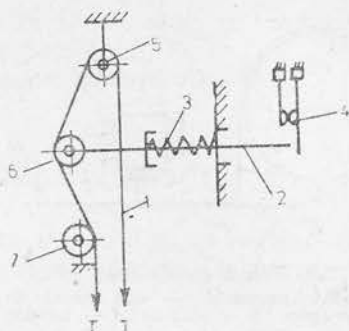


Fig. 22.2. Limitator de sarcină montat pe un cablu:

1 — cablu; 2 — tijă; 3 — arc; 4 — contacte electrice; 5, 7 — role fixe; 6 — rolă de deviere.

Limitatoarele de sarcină fac posibilă exploatarea macaralei la posibilitățile ei maxime, fără pericol de avarii sau accidente. Ele sînt destinate să întrerupă automat acțiunea mecanismului de ridicare, în cazul depășirii sarcinilor nominale. Trebuie să rămînă însă posibilă coborîrea sarcinii. Suprasarcina de încărcare de 20% nu trebuie să se ridice cu mai mult de 100 mm de la sol.

Limitatorul de sarcină montat pe cablu (fig. 22.2). Sub acțiunea sarcinii cablul 1 tinde să se îndrepte și împinge tija 2 comprimînd arcul 3 și se deschid contactele 4, oprind mișcarea de ridicare, atunci cînd se depășește sarcina maximă de lucru; 5 și 7 sînt role fixe, iar 6 rolă de deviere.

Defectele limitatoarelor se referă la uzura contactelor și defectelor microîntreruptoarelor și a sistemelor de acționare ale acestora. Microîntreruptoarele defecte, de regulă, se înlocuiesc, iar celelalte elemente se repară.

22.5. APARATE ELECTRICE DE ACȚIONARE

Ca elemente principale de acționare folosite în instalațiile electrice ale mașinilor de ridicat și transportat se deosebesc: electromagneții de frînare și motoarele electrice.

Frînele sînt dispozitive destinate a micșora viteza sau a opri un ansamblu mecanic ce se găsește în mișcare.

Frînele sînt acționate de un electromagnet, astfel încît atunci cînd prin acesta nu trece curent, mecanismul respectiv să fie frînat sub acțiunea unui resort sau a unei greutăți.

Frînarea se realizează datorită frecării uscate dintre organul mobil (roata de frînă) și organul de frînă (saboți, bandă), transformînd energia cinetică a corpului în mișcare în căldură.

Frînele pot fi de: oprire, coborîre și de reținere (blocare).

Frîna cu electromagnet (fig. 22.3). Principiul de funcționare a frînei cu electromagnet este următorul: la stabilirea curentului în bobină,

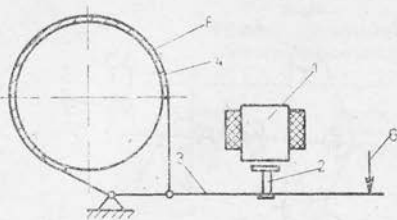


Fig. 22.3. Frână electromagnetică:
1 — electromagnet; 2 — tijă atrasă de electromagnet; 3 — pîrghie; 4 — bandă;
F — frînă; G — greutate.

electromagnetul 1 atrage miezul 2, de care este fixată tija și astfel ridică pîrghia 3, iar greutatea G eliberează frîna F, prin intermediul benzii 4 (ori, eventual a saboților).

Repararea electromagneților de frînă este identică cu repararea electromagneților întreruptoarelor automate. După reparație se verifică: forța de ridicare a electromagnetului, tensiunea nominală și cursa armăturii mobile.

Repararea frinelor care au căptușeala sabotului uzată se face prin în-

locuirea căptușelii. Căptușeala sabotilor se confecționează din diferite materiale, pentru care se dă coeficientul de frecare și presiunea admisibilă în tabelul 22.2. Se preferă confecționarea căptușelii sabotilor din ferodo, deoarece se prelucrează ușor și are un coeficient de frecare mare.

Operațiile tehnologice ce se fac cu ocazia înlocuirii ferodoului uzat sînt: demontarea sabotului, demontarea ferodoului, trasarea căptușelii, tăierea căptușelii la lungimea inițială, găurirea căptușelii pentru nituire, nituirea căptușelii pe sabot, montarea sabotului în articulația frînei.

Pentru nituirea căptușelii pe sabot, se întrebuițează nituri din cupru cu cap înecat. Capul nitului trebuie să nu frece pe șaiba de frecare.

Motoarele electrice. Pentru acționarea mașinilor de ridicat și de transportat se folosesc motoare de curent continuu cu excitație serie, separată (grup Ward-Leonard), în derivație, motoare de curent alternativ cu inele și mai rar cu rotor în scurtcircuit.

Tabelul 22.2

Coeficienți de frecare și presiuni admisibile ale sabotilor, în funcție de natura materialelor suprafețelor de frecare

Materialul suprafețelor de frecare	Coeficient de frecare	Presiunea admisibilă daN/cm ²	
		Frîne de optire	Frîne de coborîre
Fontă pe fontă	0,15	20	15
Fontă pe oțel	0,15	20	15
Ferodo pe fontă sau oțel	0,37	6	3
Lemn pe fontă	0,30	6	4
Azbest pe fontă sau oțel	0,35	6	3
Piele pe fontă sau oțel	0,20	—	—
Bronz pe fontă	0,17	—	—

Motoarele asincrone cu inele, cit și cele în scurtcircuit se construiesc și cu frână atașată, avind simbolul AIFM, respectiv ASFM.

Repararea motoarelor electrice s-a prezentat în capitolul 18.

22.6. APARATE DE PORNIRE ȘI REGLARE

Aparatele de pornire și reglare sînt destinate pornirii și reglării turației mașinilor electrice. Din această categorie de aparate fac parte:

- comutatoarele stea-triunghi;
- inversoarele de sens;
- controlerele;
- reostatele de pornire și reglare.

22.6.1. REPARAREA COMUTATOARELOR STEA-TRIUNGHII

Pentru reducerea valorii curentului absorbit la pornire de motoarele electrice asincrone cu rotorul în scurtcircuit, bobinele se conectează la început în stea, iar după atingerea turației nominale, se conectează în triunghi. Schimbarea conexiunii se execută cu comutatoare speciale stea-triunghi manuale ori automate. La comutatoarele automate, trecerea de pe poziția stea pe poziția triunghi se face automat, cu ajutorul unui element de temporizare. Schema de conexiuni a comutatorului (fig. 22.4) trebuie să asigure realizarea legăturilor între R, S, T ; A, B, C și x, y, z , astfel încît să rezulte conexiunile: zero (deschis), stea și triunghi. În poziția „zero” nici un contact mobil nu se află în legătură cu contactele fixe.

În poziția „stea”, prin intermediul contactelor mobile se leagă bornele R cu A , S cu B și T cu C , iar bornele x, y și z se leagă între ele, realizîndu-se conexiunea stea.

În poziția „triunghi” se leagă bornele R cu A și z , S cu B și x , T cu C și y , realizîndu-se astfel conexiunea în triunghi a înfășurării motorului, concomitent cu conectarea acesteia la rețea.

Comutatorul nu poate fi manevrat decît în ordinea: zero-stea-triunghi, un dispozitiv de zăvoare împiedicînd altă manevrare.

Comutatoarele stea-triunghi se execută, pînă la 60 A, cu contactele în aer, iar peste 60 A cu contactele ulei.

Elementele care se uzează mai rapid sînt contactele și mecanismul de sacadare. Contactele uzate se înlocuiesc ținîndu-se seamă de forma și materialul din care sînt confecționate. Astfel, contactele mobile se vor executa din alamă sub presiune, iar contactele fixe din cupru sau alamă laminată.

La mecanismele de sacadare se uzează camele, rolele și se slăbește arcu de sacadare. În cazul înlocuirii camelor sau roletelor se întrebuintează oțel de cimentare.

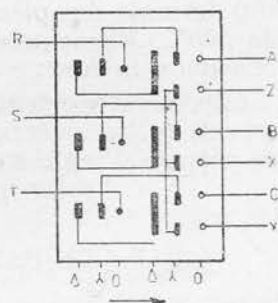


Fig. 22.4. Schema de conexiuni a unui comutator stea-triunghi:

R, S, T — faze de alimentare; Δ — poziția de conexiune în triunghi; λ — poziția de conexiune în stea; A, B, C, X, Y, Z — faze de ieșire.

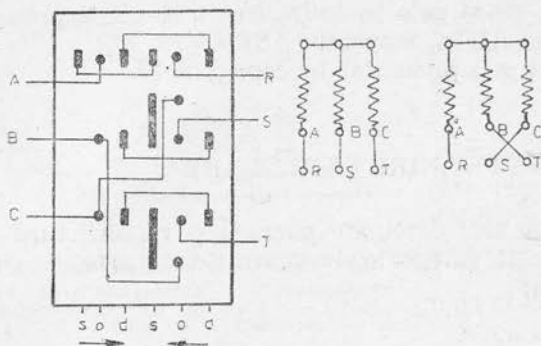


Fig. 22.5. Schema electrică de principiu a unui inversor de sens:

R, S, T, — faze de alimentare; A, B, C — nodurile de intrare; s, d — stînga-dreapta.

22.6.2. REPARAREA INVERSOARELOR DE SENS

Inversoarele de sens servesc la inversarea sensului de rotație al motoarelor asincrone trifazate prin schimbarea a două faze între ele. Inversoarele de sens și comutatoarele de poli sînt constructiv asemănătoare fie cu comutatoarele stea-triunghi, fie cu întreruptoarele și comutatoarele pachet, avînd schema din figura 22.5. Defectele care apar la inversoarele

de sens se vor remedia conform tehnologiilor indicate la întreruptoarele pachet și comutatoarele stea-triunghi.

22.6.3. REPARAREA CONTROLERELOR

Controlerele servesc la pornirea, inversarea sensului de rotație și reglarea turației motoarelor electrice.

Repararea controlerelor se face conform indicațiilor prezentate în capitolul 21.

22.6.4. REPARAREA REZISTENȚELOR ȘI REOSTATELOR DE PORNIRE ȘI REGLARE

Aceste aparate servesc la pornirea și reglarea turației motoarelor ce acționează mașinile de ridicat și transportat.

Rezistențele întrebuițate la instalațiile de acționare ale macaralelor sînt formate din plăci de fontă turnată, care pot suporta o temperatură de 300°C. Elementele se grupează în cutii pentru a se realiza diferite rezistențe în funcție de valoarea curenților la care lucrează.

Înlocuirea rezistențelor arse se face cu rezistențe de aceeași valoare și capacitate de încărcare. Caracteristicile materialelor pentru rezistențele de pornire și reglare sînt date în tabelul 22.3.

22.7. ECHIPAMENTUL ELECTRIC AL ASCENSOARELOR

Echipamentul electric al ascensoarelor cuprinde: panouri de comandă, motoare, transformatoare etc.

La panoul de comandă apar defecțiunile: îmbătrînirea izolației conductoarelor și uzura aparatelor componente.

Repararea panoului se face prin înlocuirea aparatelor uzate și executarea din nou a conexiunilor între aparate.

Caracteristicile materialelor utilizate pentru rezistențele de pornire și reglaj

Materialul rezistenței	Rezistența specifică $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$	Coefficientul de variație a rezistenței cu temperatura	Temperatura de topire °C
Fier zincat	0,13	0,0045	1 530
Manganin	0,43	0,00001	900
Constantan	0,50	0,00001	1 260
Crom-nichel	1,00	0,00016	1 380
Kanthal D.S.	1,35	0,00010	1 510

La contactoare se verifică starea contactelor principale și auxiliare, starea bobinei, starea circuitului magnetic, starea legăturilor flexibile și celelalte piese.

La transformatoare, defectele mai frecvente care apar sînt: întreruperi, scurtcircuitări, arderea înfășurărilor și deteriorarea prin lovire. În toate aceste cazuri, înfășurarea veche trebuie înlocuită parțial sau integral prin rebobinare. După rebobinare, înfășurările se impregnează cu lac izolant. Uscarea și impregnarea se execută ca la bobinajele motoarelor electrice.

La întreruptorul principal se curăță contactele de oxizii produși de arcul electric, cu ajutorul unei pile fine, după care se șterg cu bumbac curat. Releele termice sau bobinele arse se înlocuiesc cu altele noi cu aceleași caracteristici.

22.8. LUCRĂRI DE REPARAȚII CARE SE EXECUTĂ LA MAȘINILE DE RIDICAT ȘI TRANSPORTAT

Lucrările mai importante care se execută cu ocazia reparațiilor sînt:

La mașinile de ridicat:

- strîngerea și completarea șuruburilor de fixare la calea de rulare;
- sudarea și repararea tamponelor slăbite;
- îndreptarea brațelor pentru limitatoarele de cursă;
- înlocuirea bușelor roților de rulare ale podului rulant;
- încărcarea prin sudură și strunjirea buzelor roților de rulare ale podului rulant;
- înlocuirea pinionului mecanismului de rotire la automacarale;
- verificarea frînelor și înlocuirea ferodourilor și buloanelor uzate;
- înlocuirea inelelor la cuplajele elastice ale frînelor;
- rectificarea discului de frînă uzat;
- schimbarea uleiului la reductoare;
- se înlocuiesc rolele sau culegătoarele de curent uzate;
- se strîng șuruburile diferitelor legături electrice, se înlocuiesc arcurile slăbite și contactele arse la controlere, întreruptoare, contactoare etc.;

- se repară blocajele electrice la cîrlige, ușa cabinei, etc.;
- se verifică și se repară claxonul;
- se măsoară valoarea rezistenței electrice de legare la pămînt;
- se curăță inelele colectoare ale electromotoarelor, se suflă cu aer, se curăță contactele electrice ale limitatoarelor de cursă;
- se reglează limitatoarele și frînele, se curăță și se verifică rezistențele de pornire și variație a vitezei motoarelor etc.

La mașinile de transportat:

- se repară banda de transport sau se înlocuiește;
- se repară sau se înlocuiesc racleții sau cupolele;
- se verifică uzura la roțile dințate pentru lanț și se repară;
- se verifică uzura la roțile dințate pentru lanț și se repară;
- verificarea lanțului de transport și înlocuirea lanțului sau a zalelor uzate;
- repararea rotelor de antrenare a benzilor de transport;
- înlocuirea inelelor la cuplajele elastice, a bușelor și a bolțurilor care prezintă uzură avansată;
- verificarea și înlocuirea ferodoului frinei;
- schimbarea unsoarelor și a uleiului de ungere;
- demontarea reductorului, recondiționarea sau înlocuirea roților dințate, axelor și lagărelor uzate;
- recondiționarea cuplajului elastic sau rigid;
- repararea tobei de acționare și a celei de întindere;
- recondiționarea dispozitivelor de încărcare și de descărcare;
- înlocuirea melcului sau cupelor;
- repararea echipamentului electric etc.

La ascensoare:

- repararea cabinelor;
- repararea dispozitivelor de ghidare;
- repararea organelor de suspensie;
- repararea dispozitivelor de siguranță;
- repararea echipamentului electric etc.

22.9. CONTROLUL ȘI RECEPȚIA MAȘINILOR DE RIDICAT ȘI TRANSPORTAT REPARATE

După reparația mașinilor de ridicat se vor îndeplini prevederile din instrucțiunile tehnice RI-66 și R7-59 ale DGMSI-ISCIR. Mașinile de transportat nu se verifică de către ISCIR.

Verificarea funcționării mașinilor de ridicat și transportat, după reparație, se face la mersul în gol și sub sarcină.

22.9.1. VERIFICAREA MAȘINILOR DE RIDICAT LA MERSUL ÎN GOL

Încercarea la mersul în gol dă posibilitatea să se verifice zgomotul angrenajelor din reductoare și să se facă măsurători geometrice ale abaterilor axelor de transmisie, ale roților de rulare pentru translația podului și a celor pentru deplasarea căruciorului. Se măsoară realizarea vitezelor de deplasare ale podului, căruciorului și cîrligului, în conformitate

cu cele calculate. Frânele se încearcă ușor și se reglează pentru a fi capabile să dezvolte forțele de frecare necesare frînării în timp util. Încercarea frinelor se face ridicându-se sarcina la 150—250 mm de la sol, după care se verifică capacitatea frinei de a reține singură sarcina suspendată.

Se controlează ungerea și temperatura lagărelor.

Se încearcă aparatele de comandă și se măsoară curenții consumați de motoarele electrice la mersul în gol.

Se verifică mișcarea roților de rulare pe cale pentru a se observa modul cum lucrează roțile.

22.9.2. VERIFICAREA FUNCȚIONĂRII MAȘINILOR DE TRANSPORTAT LA MERSUL ÎN GOL

Cu această ocazie se constată:

- funcționarea corectă a mecanismelor;
- funcționarea sistemului de ungere;
- încălzirea lagărelor;
- vitezele de deplasare;
- zgomotele în funcționare;
- funcționarea echipamentului electric;
- verificarea dispozitivelor de siguranță.

22.9.3. VERIFICAREA MAȘINILOR DE RIDICAT ÎN SARCINĂ

Încercările în sarcină se execută atât static cât și dinamic.

Încercarea statică se execută cu sarcina nominală ridicată la 100 mm deasupra solului, timp de 10 min, cu măsurarea săgeții.

Verificarea săgeții are drept scop să stabilească rigiditatea construcției metalice a macaralei și stabilitatea macaralelor cu braț.

Săgeata se consideră corespunzătoare dacă nu depășește $1/400$ din lungimea deschiderii, la macaralele cu acționare manuală, și $1/700$ din lungimea deschiderii la macaralele electrice.

La podurile rulante și macaralele portal cu console, măsurarea se face atât la mijlocul deschiderii cât și la capetele consolelor.

La macaralele mobile cu braț (automacarale, macarale turn, pe șenile etc.), măsurarea săgeții se face la deschiderea minimă și maximă a brațului și sub sarcina corespunzătoare fiecărei deschideri.

Încercările dinamice se execută cu sarcina nominală mărită cu 10% și constau din executarea repetată a tuturor mișcărilor admise, verificându-se astfel funcționarea normală a tuturor mecanismelor de acționare, a frinelor și a dispozitivelor de siguranță. Toate mișcărilor se execută în mod lent și fără șocuri.

22.9.4. VERIFICAREA MAȘINILOR DE TRANSPORTAT SUB SARCINĂ

Verificarea sub sarcină a mașinilor de transportat se realizează de către comisia tehnică din întreprindere. Sarcina la care se face verificarea este cea nominală, prescrisă în „Cartea mașinii de transportat“.

La verificare se urmărește:

- intensitatea curentului consumat de motoarele de acționare;
- productivitatea tehnică;
- zgomotul mecanismelor în mișcare.

CAPITOLUL 23

TEHNOLOGIA ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII POMPELOR, COMPRESOARELOR ȘI VENTILATOARELOR

23.1. GENERALITĂȚI

Pompele, compresoarele și ventilatoarele se caracterizează prin aceea că nu constituie mașini specifice unor anumite ramuri industriale, ci aceleași tipuri constructive ale lor își găsesc aplicația în cele mai felurite industrii, în transport și în agricultură.

După principiul de funcționare, pompele hidraulice se clasifică în:

— *volumetrice* (pompe, compresoare, suflante, pompe de vacuum), la care fluidul este absorbit și refulat ciclic, debitul la fiecare ciclu fiind proporțional cu un anumit volum care depinde de dimensiunile geometrice ale mașinii; din această categorie fac parte pompele, compresoarele și suflantele cu piston, cu roți dințate, cu lamele, cu burduf, pompele de vacuum cu inel de apă etc.;

— *centrifuge* (pompe, compresoare, suflante sau ventilatoare), în care un rotor cu palete radiale antrenează în mișcare de rotație fluidul, iar acesta, sub acțiunea forțelor centrifuge care iau naștere, se deplasează radial; refularea fluidului este continuă;

— *axiale* (pompe, compresoare, suflante sau ventilatoare), în care fluidul se deplasează axial sub influența diferențelor de presiune produse de un rotor cu palete elicoidale; refularea fluidului este continuă.

Deși pompele, compresoarele, suflantele și ventilatoarele funcționează după aceleași principii, totuși există și deosebiri, în special, datorită faptului că pompele lucrează cu fluide practic incompresibile, în timp ce compresoarele, suflantele și ventilatoarele lucrează cu fluide compresibile.

23.2. POMPE

23.2.1. POMPELE VOLUMETRICE

Principalele tipuri de pompe volumetrice cu acționare electrică sînt cele cu piston și cele rotative. La pompele cu piston, debitul refulat este pulsator, iar presiunea în conducta de refulare este variabilă.

Pompele cu piston (fig. 23.1) se folosesc în general pentru debite relativ mari și presiuni relativ mici, în comparație cu ale altor tipuri de pompe volumetrice; turația lor nu depășește 250 rot/min.

Pompele volumetrice cu mișcare rotativă pot fi: pompe cu angrenaje, pompe cu șurub, pompe cu palete și pompe cu pistoane dispuse în stea. Din cauza numărului mare de refulări pe unitatea de timp și a volumului mic refulat, se poate considera că la aceste pompe debitul este continuu. Unele tipuri de astfel de pompe se folosesc și ca compresoare.

Pompele rotative se folosesc pentru debite mici, în general sub $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, dar pentru presiuni mari; pompele cu roți dințate sînt utilizabile la presiuni pînă la 10—50 at, iar cele cu roți cicloide pînă la 200 at. Turația acestor pompe este mare, ajunge la 3 000—6 000 rot/min.

Pompele cu angrenaje se utilizează la ungerea unor reductoare a buldozerelor, la circuitele de comandă ale mașinilor-unelte; pompele cu șurub se utilizează, în general, pentru pomparea lichidelor viscoase (păcură etc.).

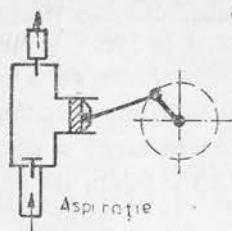


Fig. 23.1. Schema de principiu a unei pompe cu piston.

23.2.2. POMPELE CENTRIFUGE

Pompele centrifuge au în general un rotor 1, cu palete radiale 2, care imprimă lichidului o mișcare radial-centrifugă și-i ridică presiunea, un dispozitiv cu palete 3 (stator) pentru conducerea lichidului refulat de rotor, o carcasă 4 (melc) în formă de spirală sau inel, care colectează lichidul, și un difuzor 5 cu secțiune crescîndă, în care viteza lichidului scade (fig. 23.2).

Lichidul intră axial în pompă prin conducta de aspirație 6 și este refulat în conducta 7.

23.2.3. POMPELE AXIALE

Pompele axiale au un rotor cu palete curbate în sens axial, cîteodată în formă de elice. Numărul de palete este redus (uneori sînt doar două). Fluidul se deplasează paralel cu axul, deci intră axial și iese de asemenea axial.

Pompele axiale se întrebuintează în stații de pompare, în general acolo unde se cer debite mari și foarte mari, precum și înălțimi de pompare reduse, pînă la 25 m.

23.2.4. TIPURI CONSTRUCTIVE DE POMPE

Pompele centrifuge monoetajate cu carcasă spirală, avînd rotorul în consolă, fabricate în R. S. România sînt reprezentate prin familia de pompe tip Lotru, Cerna, Criș (tabelul 23.1). Aceste pompe sînt destinate deplasării apei sau

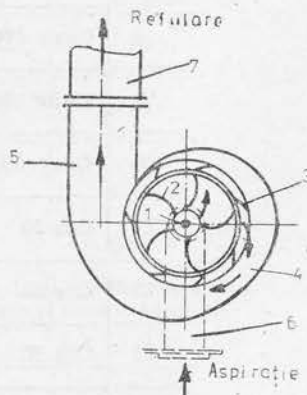


Fig. 23.2. Pompă centrifugă:

1 — rotorul pompei; 2 — palete radiale; 3 — palete statorice; 4 — carcasă; 5 — difuzor; 6 — conductă de aspirație; 7 — conductă de refulare.

altor lichide neagresive, curate sau puțin murdare, la temperatura de pînă la 105°C și viscozitatea de pînă la 5°C.

Tendința de a obține pompe centrifuge cu dimensiuni de gabarit mici și înălțimi de pompare cît mai mari a determinat apariția și răspîndirea foarte largă a pompelor multietajate. La noi în țară, aceste pompe sînt de tip Sadu, iar caracteristicile lor sînt date în tabelul 23.2.

Caracteristicile pompelor centrifuge diagonale tip Brateș sînt date în tabelul 23.3.

Pompele axiale pot fi orizontale ori verticale. Industria noastră execută familia de pompe axiale monoetajate tip Dunărea.

Domeniul de funcționare a pompelor tip „Dunărea” este:

D 750 V, $Q=4\,500 \dots 8\,500 \text{ m}^3/\text{h}$; $H=8,5 \dots 3,5 \text{ mH}_2\text{O}$; $n=600 \text{ rot/min.}$

D 750 V, $Q=1\,200 \dots 3\,000 \text{ m}^3/\text{h}$; $H=9 \dots 4 \text{ mH}_2\text{O}$; $n=1\,000 \text{ rot/min.}$

Tabelul 23.2

Tipuri de pompe multietajate care se produc în R. S. România și
caracteristicile funcționale ale acestora

unde: D — Dunărea, cifra (750) indică diametrul racordului de aspirație, iar litera (V sau O) indică construcția verticală ori orizontală a pompei.

Dintre pompele pentru lichide la temperaturi înalte (până la 130°C) se prezintă în tabelul 23.4 grupele tip Olt și caracteristicile lor.

23.3. COMPRESOARE

Compresoarele și suflantele cu piston funcționează după același principiu ca și pompele cu piston. Aspirația și refularea se face prin supape automate cu arc, care se deschid la anumite diferențe de presiune și permit reglarea presiunii de ruflare. Compresoarele și suflantele debitează într-un rezervor tampon (acumulator), care are rolul de a amortiza oscilațiile de presiune provocate de debitul intermitent al compresorului.

Compresoarele sînt mașini de uz general, folosite pentru producerea aerului comprimat necesar în diferite scopuri, pentru comprimarea unor produse chimice în stare gazoasă, pentru transportul gazului metan și al altor combustibili gazoși etc.

Compresoarele centrifuge, denumite și turbocompresoare, sînt folosite în general pentru realizarea unor debite mari de gaz la presiuni relativ mici. Funcționarea lor este asemănătoare celei a pompelor centrifuge.

Pentru realizarea unor presiuni mai ridicate se folosesc compresoarele cu piston cu compresiune în mai multe trepte. Acționarea electrică a acestor compresoare, la care nu se pune problema modificării turației, se face prin motoare asincrone și motoare sincrone.

23.4. VENTILATOARE

Se numesc ventilatoare, aparatele cuprinzînd un rotor cu palete a cărui rotație asigurată de un motor electric, care întreține mișcarea unui fluid gazos care îl traversează.

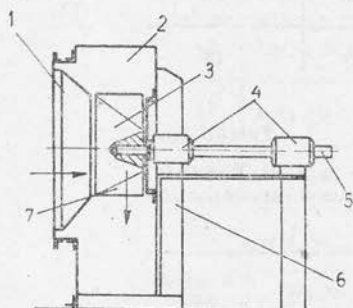


Fig. 23.3. Schema de principiu a unui ventilator:

1 — gură de aspirație; 2 — spirală; 3 — roată sau turbină; 4 — lagăre; 5 — arbore; 6 — stator; 7 — paletă.

Această definiție este însă limitată la aparatele a căror presiune de refulare este sub 2,5 mH₂O. Peste această limită se intră în domeniul compresoarelor.

Ventilatoarele se compun din două părți principale: o parte mobilă-rotor, o parte fixă-stator (fig. 23.3).

Partea mobilă comportă un arbore cuplat cu motorul de antrenare printr-un dispozitiv rigid sau prin curele.

Prin intermediul paletelor, arborele transmite fluidului mișcarea de rotație. Arborele se reazemă pe stator prin intermediul palierelor. Niște dispozitive asigură etanșeitatea între arbore și stator. Statorul cuprinde ori-

ficii de aspirație, sau cum li se mai spun, „guri“ de aspirație. Principiul de funcționare al ventilatoarelor este același cu cel al pompelor.

Ventilatoarele pot fi clasificate în trei categorii:

— *ventilatoare centrifuge*. Principiul lor de funcționare este următorul: rotorul antrenează în mișcarea sa fluidul, care este aruncat la periferie de forța centrifugă;

— *ventilatoare elicoidale*. Fluidul antrenat într-o mișcare de rotație de partea mobilă este aruncat axial;

— *ventilatoare elico-centrifuge*. Aceste ventilatoare sînt un tip intermediar între cele două precedente.

Ventilatoarele pot fi:

— de joasă presiune, cînd presiunea maximă produsă este sub $70 \text{ mmH}_2\text{O}$;

— de presiune mijlocie, $p_{\max}=70 \dots 350 \text{ mmH}_2\text{O}$;

— de înaltă presiune, $p_{\max}=350 \dots 2\,500 \text{ mmH}_2\text{O}$.

23.5. ECHIPAMENTUL ELECTRIC AL INSTALAȚIILOR DE POMPARE, COMPRESOARELOR ȘI VENTILATOARELOR

Acționarea pompelor, compresoarelor și ventilatoarelor se face în general cu motoare cu caracteristică mecanică rigidă.

În majoritatea cazurilor, pompele și ventilatoarele nu necesită variația debitului, deci acționarea se face cu motoare la care nu este necesară variația turației; în general, compresoarele sînt acționate de motoare cu turație neregulabilă. În astfel de cazuri acționarea se face:

— cu motoare asincrone în scurtcircuit;

— cu motoare asincrone cu inele;

— cu motoare sincrone;

— cu motoare de curent continuu, cu excitație derivație sau mixtă, cînd există numai sursă de curent continuu.

Pompele, ventilatoarele și compresoarele funcționează de obicei cu sarcini de durată și de aceea motoarele electrice se aleg din seria cu puterea nominală definită în regim de durată.

Din punctul de vedere al alegerii protecției exterioare a motorului, trebuie avute în vedere condițiile în care va funcționa utilajul (aer curat, atmosferă corosivă ori explozibilă, umiditate etc.).

La pompele, compresoarele și ventilatoarele centrifuge sau axiale, cuplul variînd aproximativ proporțional cu pătratul turației, cuplul rezistent pe durata pornirii are aspectul din figura 23.4.

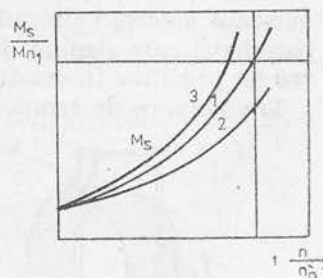


Fig. 23.4. Variația cuplului rezistent de pornire a pompelor, compresoarelor și ventilatoarelor:

1 — mașini centrifuge sau axiale de pornire cu vană de refulare deschisă; 2 — mașini centrifuge de pornire cu vană de refulare închisă; 3 — mașini axiale de pornire cu vană de refulare închisă.

23.6. APARATE DE MĂSURAT ȘI CONTROL, TRADUCTOARE

Pentru controlul funcționării și pentru automatizare, pompele, compresoarele și ventilatoarele sînt prevăzute cu aparate de măs-

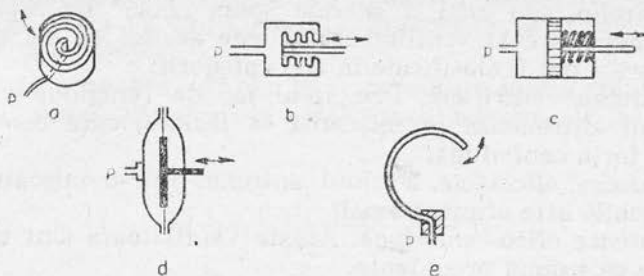


Fig. 23.5. Scheme de principiu ale unor traductoare de presiune:
a — cu arc spiral; b — cu burduf; c — cu piston; d — cu membră;
e — cu tub Bourdon.

rat și control: aparate electrice obișnuite (pentru mărimile electrice) și aparate de măsurat speciale, pentru mărimile fizice neelectrice, caracteristice procesului tehnologic, ca de exemplu nivelul lichidului, presiune, debit, temperatură, concentrație etc.

În cele ce urmează se vor prezenta cele mai frecvente tipuri de aparate de măsurat și de control cu conversie electrică.

Traductoare de presiune. Traductoarele de presiune sînt manometre care au ca element sensibil un arc elicoidal sau spiral, burduf, piston sau tub Burdon (fig. 23.5).

Deplasarea elementului sensibil produce deviația unui ac indicator sau este transformată într-o mărime electrică prin intermediul unui traductor rezistiv sau inductiv.

Traductoare de nivel. Cel mai răspîdit traductor de acest tip este traductorul cu plutitor, construit dintr-o șaibă peste care trece un cablu de oțel la ale cărui capete este fixat plutitorul și o contragreutate. Axul șaibei antrenează niște discuri pe care sînt fixate came reglabile ce provoacă închiderea sau deschiderea unui întreruptor basculant cu contacte metalice sau cu mercur, prin care se transmit impulsuri, în funcție de nivel.

Traductoare de debit. Debitele se măsoară fie direct (cu aparate care măsoară efectiv volumul sau greutatea), fie indirect, prin măsurarea unor parametri care depind de debit, ca de exemplu viteza fluidului sau căderea de presiune în conducte.

Traductoare de temperatură. Pentru măsurarea temperaturii se folosesc diverse tipuri de termometre, dintre care pe scară largă se folosesc termometrele electrice și termocuplurile. Ele se folosesc pentru controlul temperaturii fluidului, iar uneori și pentru controlul temperaturii lagărelor motoarelor electrice, pompelor și a ventilatoarelor.

Transformarea mărimii măsurate într-o mărime electrică se realizează prin intermediul unui traductor rezistiv, inductiv sau capacitiv.

Traductorul rezistiv este un reostat AB de formă specială, pe care apasă peria 1, care se deplasează prin mișcarea axului 2 al aparatului de măsurat (fig. 23.6).

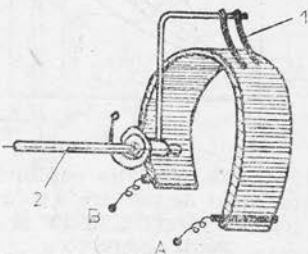


Fig. 23.6. Schemă de principiu a unui traductor rezistiv:

AB — reostat de reglaj; 1 — peria de contact; 2 — ax de comandă a perilor.

Traductoarele inductive se bazează pe variația inductanței unor bobine, prin deplasarea unei armături interioare de oțel moale, ca urmare a deplasării elementului sensibil.

23.7. MECANISME DE REGLARE

Comanda și reglarea în instalațiile de pompare, aer comprimat și ventilație se face prin variația turației motoarelor de acționare sau prin variația deschiderii vanelor din instalație.

Vanele de acționare pot fi cu acționare pneumatică, hidraulică sau electrică.

Acționarea electrică a vanelor se poate realiza cu electromagneți sau cu motoare electrice. În cazul acționării cu electromagnet, vana poate avea numai două poziții extreme: complet închis sau complet deschis. Cele mai simple vane cu acționare electromagnetică au un singur electromagnet, alimentat în curent alternativ sau continuu, care menține vana deschisă (sau închisă) atît timp cît electromagnetul este sub tensiune. Pentru acționarea vanelor cu motoare electrice se folosesc motoare de curent continuu, motoare universale și motoare asincrone monofazate sau bifazate; în cazul folosirii motoarelor nereversibile, vana este acționată de două motoare, cuplate pe același ax. Acționarea se face prin intermediul unui angrenaj cu șurub melc. Vana poate avea mai multe contacte de sfîrșit de cursă, pentru diferite blocări și comenzi automate.

Instalațiile de pompare, compresoare și ventilatoare pot fi comandate manual, semiautomat sau complet automat. Această comandă se referă la pornirea motoarelor electrice, pornirea și oprirea întregii instalații și reglarea automată a parametrilor fluidului circulat.

23.8. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA INSTALAȚIILOR DE POMPARE, VENTILAȚIE ȘI COMPRESOARELOR DE AER

Pentru o bună funcționare a agregatelor de pompare, ventilație și compresoarelor de aer trebuie respectate lucrările de întreținere zilnică, cum și ciclul de reparații curente, medii și capitale.

În timpul procesului de exploatare se produce o uzură naturală a pieselor care este o uzură inevitabilă și continuă, iar la atingerea unor valori maxime de uzură, piesa se poate rupe, ceea ce poate duce la deteriorarea agregatului. Totodată, se produce eroziunea pieselor, care provoacă o distrugere parțială sau totală a metalelor sub acțiunea unor cauze exterioare.

Dintre piesele supuse îndeosebi uzurii sînt: lagărele, segmentii pistonelor, cilindrii, cîlectoarele sau inelele motoarelor electrice etc.

În timpul funcționării utilajului este necesar să se asigure o ungere corespunzătoare a pieselor care se află în frecare, menținîndu-se nivelul uleiului la înălțimea corespunzătoare, iar temperatura lagărelor să nu depășească temperatura încăperii cu mai mult de 40—50 K. După circa 800—1 000 h de funcționare se înlocuiește uleiul murdar din corpurile lagărelor, care după aceea se curăță și se umple cu ulei proaspăt.

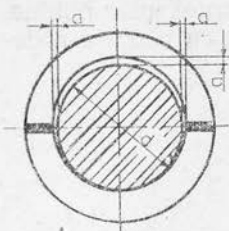


Fig. 23.7. Secțiune printr-un cuzinet prelucrat eliptic:
a — jocuri de prelucrare.

Cele mai frecvente deficiențe în exploatare apar la lagărele de alunecare și anume prin producerea uzurii acestora, fisurarea sau topirea parțială a aliajului de antifricțiune.

Repararea lagărelor de alunecare se face prin turnarea și prelucrarea de cuzineți noi. Prelucrarea cuzineților poate fi: cilindrică și eliptică. Prin prelucrarea cilindrică, diametrul prelucrat se ia egal cu diametrul fusului plus jocul superior de ungere. Prin acest gen de prelucrare, jocurile laterale se obțin cu jumătate mai mici decât cele de sus. La prelucrarea eliptică a cuzinetului se așează în planul de separare a cuzineților o garnitură de o grosime egală

cu jocul superior a (fig. 23.7). Diametrul de prelucrare se ia în acest caz egal cu $d + 2a$.

La pompele cu pistoane, reparația va trebui astfel făcută, încât jocul între piston și cilindru să nu depășească 0,008 mm. Ovalizarea pistonului trebuie să nu depășească 0,005 mm și ovalizarea alezajului 0,01 mm.

În timpul funcționării pot apărea vibrații ale utilajelor care pot fi cauzate de: neechilibrarea rotorului (elementele rotorului sînt uzate neuniform); axele arborilor utilajului nu coincid (descentrarea axelor); jocurile dintre fusul arborelui și cuzinet sînt necorespunzătoare, rulmenții uzați sau distruși etc. În toate cazurile enumerate mai sus, se vor lua măsuri de remediere și reparație în conformitate cu tehnologiile prezentate în capitolele anterioare referitoare la aceste părți ale utilajelor: „Echilibrarea rotoarelor”, „Înlocuirea rulmenților și repararea lagărelor”.

La funcționarea pompelor se va evita producerea fenomenului de cavitatie, care constă în formarea în interiorul lichidului a vaporilor, datorati fie ridicării temperaturii, fie micșorării presiunii absolute a mediului fluid.

Vaporii formați datorită fenomenului de cavitatie sînt antrenati de lichid și ating rapid zona în care presiunea absolută este mai ridicată și parțial ei se condensează. Această resorbție bruscă de volum provoacă pe suprafața pompei o deformare violentă (antrenînd o eroziune intensă a metalului, putînd merge pînă la perforarea suprafețelor), însoțită de un zgomot violent asemănător celui pe care l-ar face pietricelele mari lovind pompa.

23.8.1. REPARAREA ECHIPAMENTULUI ELECTRIC AFERENT POMPELOR, VENTILATOARELOR ȘI COMPRESOARELOR DE AER

Motoarele electrice pentru antrenarea pompelor, ventilatoarelor, compresoarelor și vanelor aferente acestora se repară în conformitate cu cele prezentate în capitolul 18.

Electromagneții pentru acționarea vanelor se vor repara conform indicațiilor din capitolul 22.

La repararea întreruptoarelor aferente motoarelor electrice a pompelor, ventilatoarelor și compresoarelor se vor respecta indicațiile de la capitolul 20.

23.8.2. REPARAREA APARATELOR DE MĂSURĂ ȘI CONTROL ȘI A TRADUCTOARELOR

Periodic, manometrele și toate aparatele de măsurare și controlul presiunii trebuie să fie demontate și reetalonate prin comparație cu un manometru etalon, iar aparatele respinse la verificare se înlocuiesc.

În general, la aparatele de măsurat presiunile se defectează mai des arcurile elicoidale sau burdufurile. Acestea din urmă se sparg datorită vibrațiilor, suprapresiunilor și uneori datorită coroziunii. Elementele se recondiționează sau se înlocuiesc cu altele noi.

La aparatele de măsurare a nivelului, defecțiunea cea mai frecventă este blocarea și corodarea plutitoarelor. Aparatele defecte se repară în ateliere AMC specializate și autorizate, iar cele ce nu corespund verificărilor se înlocuiesc.

La aparatele de măsurare a debitului, defecțiunile cele mai frecvente sînt blocarea elementelor de măsurare, sau uzura și corodarea lor (roți dințate, diafragme etc.). Aceste elemente, periodic, se demontează, se curăță și eventual se înlocuiesc piesele rupte sau defecte.

La aparatele de măsurare a temperaturilor, defecțiunile care pot apărea mai des sînt: defectarea elementelor de măsură (tecilor) datorită vibrațiilor sau coroziunii, spargerea și fisurarea capilarelor de măsură, întreruperea termorezistențelor și termocuplurilor înglobate în lagăre sau carcase. Elementele defecte se înlocuiesc cu altele noi, cu aceleași caracteristici ca și cele inițiale.

TEHNOLOGII DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARARE A REDRESOARELOR ELECTRICE, ACUMULATOARELOR ELECTRICE, INSTALAȚIILOR PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA FACTORULUI DE PUTERE, CUPTOARELOR ELECTRICE, FILTRERELOR ELECTROSTATICE, ACȚIONĂRILOR ELECTRICE CU MUTATOARE CU SEMICONDUCTOARE

CAPITOLUL 24

TEHNOLOGIA ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII REDRESOARELOR ELECTRICE

24.1. GENERALITĂȚI

Se numește *redresare* transformarea energiei electromagnetice de curent alternativ, în energie electromagnetică de curent continuu, prin blocarea alternanțelor de un anumit sens ale unei tensiuni alternative, aplicate unui element, care conduce într-un singur sens (element redresor).

Elementele redresoare se prezintă sub o mare diversitate de tipuri, deosebite atât constructiv, cât și ca principiu de funcționare. Ele se pot clasifica astfel:

a) **Elemente redresoare mecanice:**

- oscilante (vibratoare);
- rotative: cu ac, cu perii, cu jet de mercur.

Principiul redresoarelor mecanice constă în a stabili contactul cu receptorul pe durata alternanței de un sens al tensiunii alternative și a desface contactul pe durata alternanței de sens opus.

b) **Elemente redresoare (tuburi) electronice (cu vid înaintat):**

- necomandate: diode;
- comandate: triode, tetrode, pentode etc.

c) **Elemente redresoare (tuburi) ionice (cu gaz sau vapori de mercur),** dintre care sînt:

- necomandate: diode cu gaz, numite și *gazotroane*;
- comandate: triode cu gaz, numite *tiratroane* ș.a.;
- redresoare cu mercur.

Gazotroanele sînt umplute cu gaze inerte: argon, neon, heliu, kripton, xenon sau vapori de mercur.

Tiratronul este un tub electronic cu trei electrozi (catod, anod și grilă). Face posibilă reglarea tensiunii redresate, printr-un reglaj potrivit al tensiunii de grilă. Tiratronul este folosit ca element redresor pentru puteri mari și pentru consumatori care au nevoie de tensiune continuă reglabilă.

Redresoarele cu vapori de mercur se realizează cu recipient din sticlă, cu recipient metalic capsulat, cu sau fără pompe de vid și cu răcire cu aer sau cu apă. Redresoarele cu vapori de mercur sînt încă larg răspindite în întreprinderile industriale, datorită posibilității lor de a redresa curenții mari și obținerii unei tensiuni continue, reglabile prin comanda grilelor. Pentru puteri mari, se folosesc redresoarele polianodice în cuve metalice (fig. 24.1).

În esență, funcționarea redresoarelor cu mercur se bazează pe „emisie autoelectronică” produsă la suprafața catodului de mercur și pe „descărcarea în arc” provocată prin ionizarea vaporilor de mercur din interiorul recipientului redresorului de către electronii emiși de catod.

d) Elemente redresoare cu semiconductoare

— necomandate: diode, realizate cu sulfură de cupru, bioxid de titan, cuproxid, seleniu, germaniu, siliciu sau carbură de siliciu;

— comandate: tranzistoare, tiristoare.

Funcționarea redresoarelor uscate se bazează pe proprietatea materialelor semiconductoare — în anumite condiții — de a permite trecerea curentului electric într-un singur sens. Aceste redresoare asigură un randament foarte ridicat în special la valori mici ale tensiunii redresate.

Redresorul cuproxid este constituit dintr-o serie de elemente, fiecare element avînd o placă de cupru și una de plumb. Suprafața plăcii de cupru dinspre plumb este transformată în oxid de cupru printr-un tratament termic. Un asemenea element lasă să treacă curentul numai în sensul plumb-cupru (fig. 24.2).

Redresorul cu seleniu este compus dintr-o placă de bază care de obicei este din aluminiu de 0,8 mm, pe care se aplică, prin evaporare în

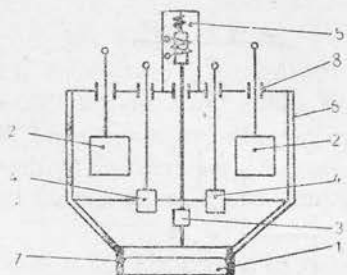


Fig. 24.1. Redresor cu mercur în cuvă polianodică și elementele sale constructive:

1 — catod de mercur; 2 — anod principal; 3 — electrod anodic de aprindere; 4 — anod auxiliar de aprindere; 5 — dispozitiv de aprindere; 6 — cuvă cu cămașă de răcire; 7 — izolator catodic; 8 — izolator anodic de trecere.

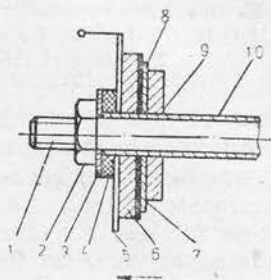


Fig. 24.2. Secțiune printr-un redresor cu cuproxid:

1 — bulon; 2 — piuliță de stringere; 3 — rondelă de stringere; 4 — disc izolant; 5 — placă de radieră; 6 — disc catodic din cupru; 7 — strat anodic din oxid de cupru; 8 — disc de plumb; 9 — disc distantor; 10 — tub izolant.

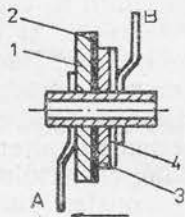


Fig. 24.3. Secțiune printr-un redresor cu seleniu:

1 — placă de bază; 2 — strat de seleniu; 3 — strat metalic ușor fuzibil; 4 — disc de contact; A, B — bornele redresorului.

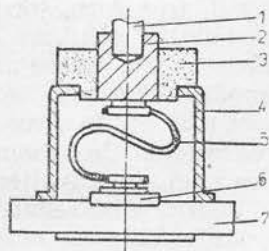


Fig. 24.4. Secțiune printr-o diodă redresoare cu siliciu:

1 — conductor flexibil; 2 — piesă de trecere; 3 — capac izolant; 4 — carcasă; 5 — conductor flexibil; 6 — cristal redresor; 7 — placă de bază.

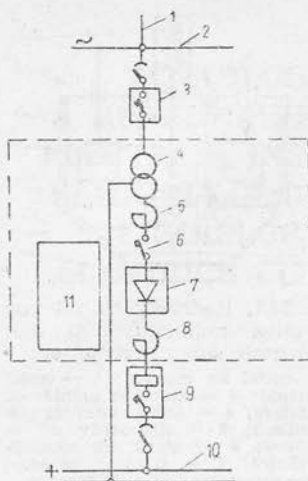


Fig. 24.5. Schema de principiu a unei instalații de redresare:

1 — rețeaua de alimentare de curent alternativ; 2 — bare de distribuție de curent alternativ; 3 — instalație de comandă; protecție, semnalizare și măsură pe partea de curent alternativ; 4 — transformator; 5 — bobină de șoc; 6 — protecție anodică; 7 — redresor; 8 — bobine (sau filtre) de netezire; 9 — instalație de comandă, semnalizare și măsurare pe partea de curent continuu; 10 — bare de distribuție de curent continuu; 11 — instalații auxiliare ale redresorului.

vid, un strat de seleniu de 50—60 μm . Seleniul se acoperă cu un strat metalic ușor fuzibil (aliaj de cositor-cadmium-bismut), peste care se aplică un disc de contact din alamă. Printr-un astfel de redresor curentul poate circula numai în sensul seleniu-aluminiu (sau oțel nichelat) (fig. 24.3).

Redresoarele cu seleniu sînt simple, robuste, și foarte răspindite ca redresoare mici și plătate pentru puteri mici, pentru încărcarea bateriilor de acumulatori, iar ca instalații de redresare pentru băile galvanice, ajungînd la 120 kA la 8... 25 V. Ele lucrează cu un randament de 88—92%.

Redresoare cu germaniu și mai ales cele cu *siliciu*, se folosesc pentru puteri mari, ultimele ajungînd pînă la puteri de ordinul miilor de kilowați. Elementul de bază al acestor redresoare este cristalul de germaniu sau siliciu impurificat (fig. 24.4).

Un agregat de redresare se caracterizează prin următoarele mărimi: tensiunea de alimentare, tensiunea redresată, curentul redresat, puterea redresată, căderea de tensiune directă (egală cu diferența dintre valoarea tensiunii continue în gol și ca în sarcină), randamentul de conversiune, factorul de putere global, factorul de defazaj, factorul de deformare (raportul dintre factorul de putere global și factorul de defazaj), numărul de pulsuri ale tensiunii redresate într-o perioadă a tensiunii alternative de alimentare, temperatura de regim maxim admisibilă, valoarea tensiunii inverse, regimul de lucru ș.a.

Părțile principale ale unui agregat de redresare (fig. 24.5) sînt: redresorul, transformatorul de alimentare, bobinele sau filtrele de netezire și instalațiile auxiliare ale redresorului; în cazul redresoarelor cu vapori de mercur mai apare instalația de răcire și uneori instalația de protecție anodică împotriva aprinderilor inverse. Redresorul este format din unul sau mai multe elemente redresoare, conectate într-o anumită schemă de redresoare. Ca schemă de redresare se pot executa scheme pentru redresarea unei singure alternanțe și a ambelor alternanțe monofazate ori trifazate.

Pentru a se reduce ondulațiile, curentului redresat se folosesc circuite numite filtre de netezire, care constau dintr-un condensator conectat în paralel cu receptorul.

24.2. UTILIZĂRILE ELEMENTELOR REDRESOARE

În cele ce urmează se prezintă pe scurt principalele utilizări ale redresoarelor.

Alimentarea instalațiilor de electroliză, cum sînt cele pentru fabricarea: Al, Mg, Zn, Cu, Ni, Cl, H, O, sodei caustice etc. Pentru țara noastră

se poate da ca exemplu Combinatul de aluminiu din Slatina. Valoarea curentului continuu necesar într-o uzină pentru fabricarea aluminiului este foarte mare; sînt cunoscute valori pînă la 150 kA la 350...800 V (în mod obișnuit se conectează în serie 120—160 băi de electroliză).

Pentru electroliză se folosesc redresoare mecanice (în instalațiile mai vechi), cu mercur, cu seleniu, cu germaniu și cu siliciu (în ultimul timp cu preponderență la curenți foarte mari).

Alimentarea instalațiilor de galvanizare. Cel mai mult sînt folosite redresoarele cu seleniu, dar în ultimul timp locul lor este luat de redresoarele cu germaniu. S-au realizat instalații pentru valori ale curentului pînă la 30 kA. În țara noastră, la întreprinderea „Electromagnetica”, se fabrică instalații de redresare cu elemente cu seleniu folosite la acoperiri galvanice, cu curenți între 100 și 1 000 A, la o tensiune de 12 V.

Alimentarea motoarelor de tracțiune din transportul electric: industrial (în mine și în interiorul întreprinderilor); urban (tramvaie, troleibuze, metrouri); interurban (locomotive electrice).

În cazul locomotivelor electrice fabricate la întreprinderea „Electroputere”—Craiova, agregatul de redresare este montat pe vehicul și se folosesc diode cu siliciu, iar linia de contact se alimentează cu tensiune alternativă.

Alimentarea motoarelor pentru acționările electrice reglabile, la care se impune modificarea vitezei în limite largi. Astfel de instalații de redresoare comandate înlocuiesc cu succes grupurile Ward-Leonard.

Ca exemple pentru țara noastră se pot cita instalațiile moderne de acționare cu redresoare comandate din combinatele siderurgice de la Galați, Hunedoara, combinatul petrochimic de la Pitești etc.

S-au realizat instalații de acționare cu redresoare cu puteri pînă la 10 MW și chiar 18 MW (cum este cazul laminorului bluming).

Autoexcitarea mașinilor sincrone.

Încărcarea bateriilor de acumulare. În acest scop se fabrică instalații speciale, cu elemente ionice (tiratroane și redresoare cu mercur) și cu semiconductoare (seleniu, germaniu, siliciu), cu tensiune redresată variabilă și reglată, adaptată la caracteristica de încărcare a bateriei.

Realizarea surselor de sudare cu curent continuu.

Alimentarea instalațiilor de emisie-recepție radio și televiziune.

Alimentarea lămpilor cu arc electric pentru aparatele de proiecție cinematografice.

Alimentarea aparatelor Röntgen medicale. Se folosesc elemente redresoare semiconductoare, legate mai multe în serie sub forma unor coloane așezate într-o cuvă cu ulei, pentru tensiuni pînă la 400 kV.

Alimentarea instalațiilor electrostatice, cum sînt: filtrele electrostatice industriale (55—130 kV și 100—500 mA).

Alimentarea centrelor telefonice.

Transportul energiei electrice în curent continuu de înaltă tensiune, la distanțe mari (peste 1 000 km) și puteri mari (peste 1 000 MW).

24.3. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA REDRESOARELOR

24.3.1. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA REDRESOARELOR CU MERCUR

Întreținerea redresoarelor cu mercur este destul de pretențioasă în comparație cu a celor cu semiconductoare. Una dintre condițiile unei bune funcționări este menținerea vidului interior în limitele admise (să nu se depășească presiunea de 0,0008 mm Hg, în cazul redresoarelor monoanodice și 0,0015 mm Hg, la redresoarele polianodice). În cazul atingerii acestor limite de presiune, redresoarele se scot din funcțiune și se caută locul neetanșeității cuvei, a conductei de vid sau cauza nefuncționării corecte a pompelor.

Temperatura corpului cuvei trebuie menținută în limitele prescrise de fabrica constructoare, în care scop se reglează corespunzător debitul apei sau aerului de răcire. La redresoarele răcite cu apă, temperatura apei la ieșirea din redresor trebuie să fie de 35—40°C. La instalațiile de răcire cu reglaj automat al debitului în funcție de temperatură, trebuie să se regleze din timp în timp traductorul de reglaj și să se urmărească asigurarea de către acesta a temperaturii prescrise. Dacă temperatura cuvei depășește limita admisă, redresorul trebuie oprit și instalația de răcire revizuită, întrucât o răcire insuficientă este uneori cauza aprinderii inverse a redresorului.

Redresoarele cu mercur se repară întotdeauna de către echipe specializate, dat fiind pericolul pe care-l prezintă din punct de vedere al securității muncii — vaporii de mercur sînt toxici —, și pericolul de degradare a redresorului prin absorbție de gaze de către piesele interioare.

La repararea redresorului, mai întîi trebuie golit mercurul într-un vas emailat, care se acoperă cu capac, iar apoi se curăță toate piesele catodice, inclusiv elementele dispozitivului de aprindere cu jet, dîndu-se o atenție deosebită izolatorului de porțelan care poate fi metalizat sau deteriorat. Urmează curățirea capului de grafit al anozilor principali și ai grilelor, cu o perie de păr, sau (în cazul metalizării sau al depunerilor prinse de electrozi) prin rectificare cu o lamă metalică și cu o perie de sîrmă. Apoi se suflă cu aer curat și se spală capul anodic cu benzină sau cu tetracolorură de carbon pură. Izolatoarele de porțelan se curăță de fum sau metalizare, prin spălare cu o cîrpă curată de bumbac înmuiată în benzină. Garniturile de cauciuc aflate în stare bună se spală cu apă caldă și cu o perie de păr, iar cele deteriorate se înlocuiesc. Suprafețele pe care se așează garniturile se șlefuiesc cu șmirghel prin mișcări circulare și avîndu-se grijă ca praful abraziv să nu intre în interiorul cuvei. Celelalte piese se spală cu benzină pură.

Buna funcționare a redresoarelor depinde de întreținerea instalației de producere a vidului. Pompa statică a redresorului are practic o perioadă îndelungată de funcționare, dacă este exploatată în mod corespunzător.

Întreținerea instalației de răcire cu apă constă în protejarea contra coroziunii și înghețului, curățirea depunerilor, asigurarea etanșeității conductelor, robinetelor, pompei etc. și repararea pompei, în cazul în care nu asigură o presiune de cel puțin 1,8 at. Rulmenții motorului pompei trebuie verificați și unși cel puțin o dată pe an. Contra coroziunii se folosesc soluții de cromat de sodiu 0,1% în apă distilată și 0,5% în apă din rețeaua industrială sau bicromat de sodiu cu borax 0,5% în apă disti-

lată și 1% în apă de rețea. La folosirea soluțiilor antigel pe bază de glicoli nu se admite adăugarea soluțiilor anticorozive. La folosirea alcoolului etilic sau metilic ca substanță antigel se adaugă 0,5% borax. Spălarea chimică se face, de obicei o dată pe an, circulând soluția aleasă (borax — $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, sodă — Na_2CO_3 , sticlă solubilă — Na_2SiO_3), 2% concentrație, prin instalație la temperatura de 50°C, timp de 24—48 h, după care instalația se spală cu un curent puternic de apă curată.

Pentru a se putea asigura menținerea vidului prescris în timpul funcționării de exploatare, înainte de repunerea în funcțiune după orice deschidere a cuvelor și după orice înrăutățire a vidului în mod pronunțat, redresoarele cu mercur se supun unui proces tehnologic de formare, prin care se înțelege un proces de extragere programată a gazelor absorbite de piesele interioare venite în contact cu aerul, provocând o degajare forțată a acestor gaze printr-o încălzire intensă, dar controlată, a pieselor respective.

24.3.2. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA REDRESOARELOR CU SEMICONDUCTOARE

Redresoarele cu semiconductoare, în general, nu se recondiționează în cadrul întreprinderilor industriale. Reparația instalațiilor de redresare se rezumă la înlocuirea celulelor defecte sau care au ieșit din caracteristica normală de funcționare, ceea ce se constată prin verificarea periodică.

Supraîncărcarea redresoarelor uscate conduce la supraîncălziri și deci la scurtarea duratei de funcționare. De aceea, în timpul exploatarei trebuie să se asigure o încărcare apropiată de cea nominală, fiind admise numai suprasarcini care nu pot dăuna sau micșora simțitor durata de funcționare a acestor aparate. În acest scop trebuie cunoscute duratele admisibile de supraîncărcare a redresoarelor de diferite tipuri, în funcție de curentul nominal.

În tabelul 24.1 se dau valori privind duratele admise de supraîncărcare, pentru redresoarele cu seleniu și cu siliciu.

Tabelul 24.1

Curenții efectivi și duratele admisibile de suprasarcină ale redresoarelor cu seleniu și cu siliciu

Redresoare	Seleniu	Redresoare cu siliciu			
		Curentul efectiv, în funcție de curentul nominal	Durata admisă a suprasarcinii		
			Răcire naturală	Răcire forțată cu aer	Răcire cu apă
$1,5I_n$	15 min	$1,1I_n$	10 s	40 s	nelimitat
$2I_n$	4 min	$1,2I_n$	8 s	30 s	5 min
$3I_n$	1,5 min	$1,5I_n$	1 s	1,5 s	5 s
$5I_n$	35 sec	$2I_n$	0,7 s	1 s	1,5 s
$10I_n$	10 sec	$3I_n$	0,1 s	0,1 s	0,1 s

Regimul normal de lucru al redresoarelor cu seleniu se prevede pentru următoarele condiții climatice:

- temperatura mediului ambiant: $-10^{\circ}\text{C} \dots +35^{\circ}\text{C}$;
- umiditatea relativă a aerului: max. 80%;
- altitudinea locului de funcționare fără măsuri speciale: până la 1 000 m;
- lipsa vaporilor de mercur, gaze dăunătoare (chimic active: clor, bioxid de sulf etc.) și particule bune conducătoare de electricitate sau radioactive.

În exploatare, temperatura elementelor redresoare cu seleniu nu trebuie să depășească valoarea de $+70^{\circ}\text{C}$, stabilită ca temperatură de regim admisă pentru condițiile climatice normale. În caz contrar elementele îmbătrinesc foarte repede; creșterea temperaturii peste $+95^{\circ}\text{C}$ este periculoasă. Limitarea inferioară a temperaturii celulelor cu seleniu nu este practic necesară, deoarece acestea pot funcționa și la temperaturi de -40°C .

O dată cu creșterea temperaturii mediului ambiant (τ_{amb}) peste valoarea de $+35^{\circ}\text{C}$ se impune reducerea valorilor curentului mediu redresat I_o și a tensiunii alternative de alimentare U_R , față de valorile nominale respective, conform datelor din tabelul 24.2.

Tabelul 24.2

Nivelurile de reducere a valorii curenților redresați și a tensiunilor redresate în funcție de temperatura mediului

$\tau_{amb} \text{ } ^{\circ}\text{C}$	35	40	50	55	60
$\frac{I_o}{I_{on}} 100\%$	100	85	50	25	10
$\frac{U_R}{U_{Rn}} 100\%$	100	85	80	75	70

La redresoarele cu seleniu, defectele frecvente ale instalațiilor de redresare se localizează în coloanele redresoare, în bobinajele transformatorului și în circuitele de protecție, semnalizare și măsurare. Unele dintre aceste defecte sînt:

— îmbătrînirea inegală a elementelor unei coloane, ceea ce provoacă o solicitare inegală a elementelor, urmată de o deteriorare în lanț întii a elementelor din coloana respectivă și apoi a celorlalte coloane;

— strîngerea necorespunzătoare a elementelor pe coloană sau slăbirea rondelor de contact, ceea ce conduce fie la un contact imperfect, cu încălziri locale periculoase, fie la deteriorarea stratului activ (în cazul unei strîngeri excesive);

— dispariția unei faze în cazul redresoarelor polifazate, ceea ce conduce la suprasolicitarea termică și electrică a coloanelor de pe gazele rămase. Se impune existența unei protecții împotriva acestei situații, de exemplu prin sesizarea scăderii tensiunii medii redresate.

Cel mai frecvent se defectează celulele redresoare. Defectarea unor celule dintr-o coloană impune demontarea întregii coloane, iar defectarea unor coloane face necesară demontarea tuturor coloanelor, pentru

înlocuirea celulelor defecte și sortarea tuturor celorlalte celule. Această sortare este necesară pentru asigurarea unui nivel calitativ apropiat al tuturor celulelor de redresor. În caz contrar, prin solicitarea inegală a elementelor și crearea de puncte slabe în montaj se reduce considerabil siguranța în funcționare, fiind posibilă apariția defectelor la numai câteva ore sau zile după repunerea în funcțiune a redresorului reparat. Celulele care nu sînt defecte, dar care la sortare s-au găsit necorespunzătoare, pot fi utilizate la alte redresoare, unde condițiile de funcționare sînt mai ușoare.

CAPITOLUL 25

TEHNOLOGIA ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII ACUMULATOARELOR ELECTRICE

25.1. GENERALITĂȚI

Acumulatorii electrice sînt surse electrochimice de energie electrică reversibile și independente, în care energia proceselor chimice este transformată în energie electrică, sub formă de curent continuu, și a căror capacitate de funcționare poate fi restabilită prin reincărcare, un număr însemnat de ori.

Clasificarea acestora este indicată în tabelul 25.1.

Tabel 25. 1

Clasificarea acumulatorilor electrice

Clasificare		Sistemul electrochimic			Densitatea electrolitului g/cm ³	T. e. m. în repaus V	Tensiunea nominală V
Grupa	Denumirea tipului	Electrodul pozitiv (+)	Electrolitul	Electrodul negativ (-)			
Acumulatori cu plăci de plumb și electrolit acid	Acumulatori cu plumb	PbO ₂	H ₂ SO ₄ + + H ₂ O	Pb spon- glos	1,20— 1,285	2,04— 2,125	2
	Acumulatori cu nichel-cad- miu	Ni(OH) ₂ NiO(OH) + H ₂ O	KOH + + H ₂ O	Cd	1,17— 1,30	1,36	1,2
Acumulatori alcaline	Acumulatori cu nichelfier-	Ni(OH) ₂ NiO(OH) H ₂ O	KOH + + H ₂ O	Fe	1,17— 1,30	1,40	1,2
	Acumulatori cu argint-zinc	Ag ₂ O ₂	KOH + + H ₂ O	Zn	1,40	1,85	1,3—1,5

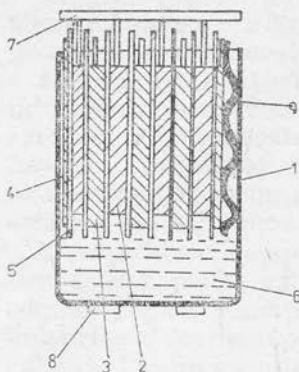
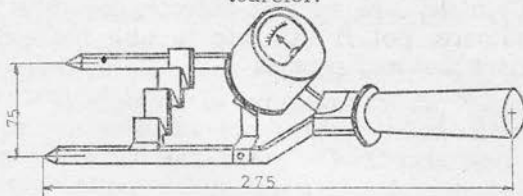


Fig. 25.1. Acumulator electric:

1 — vas de sticlă; 2 — plăci pozitive; 3 — plăci negative; 4 — separator; 5 — electrolit; 6 — dispozitiv de inseriere a plăcilor; 7 — izolatoare; 8 — arc de plumb sau material plastic pentru presarea plăcilor.

Fig. 25.2. Voltmetru cu rezistență pentru măsurarea stării de încărcare a acumulatorilor.



Funcționarea acumulatorilor electrice se caracterizează prin aceea că, la „încărcare“ energia electrică luată dintr-o sursă exterioară de curent continuu este transformată în energie chimică și înmagazinată sub această formă în materiile active ale acumulatorului, iar la „descărcare“ energia chimică acumulată în timpul procesului de încărcare este transformată în energie electrică și transmisă unui consumator electric conectat la bornele acumulatorului, curentul electric trecând prin acumulator în sensul invers sensului curentului de încărcare.

Un element de acumulator se compune dintr-un vas conținând un electrolit în care se găsesc doi electrozi, unul pozitiv și altul negativ. Electrozii au forma de plăci, iar în vas plăcile sînt astfel așezate, încît plăcile grupului pozitiv se găsesc între plăcile grupului negativ, de care sînt izolate prin piese separatoare (fig. 25.1).

Starea de încărcare a acumulatorilor se determină cu un voltmetru (fig. 25.2) iar densitatea electrolitului se măsoară cu un densimetru (fig. 25.3).

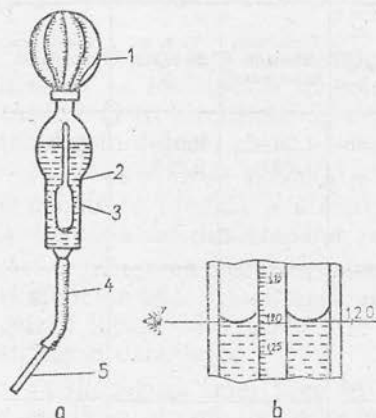


Fig. 25.3. Densimetru și modul de citire a densității electrolitului unui acumulator electric:

a — densimetru; b — sistem de vizualizare a indicației unui densimetru; 1 — pară de cauciuc; 2 — pipetă de sticlă; 3 — densimetru; 4 — tub de cauciuc; 5 — tub de sticlă.

Principalele tipuri de acumulatori electrice utilizate în industrie și în alte sectoare economice sînt acumulatorii acide (cu plumb) și acumulatorii alcaline. În cele ce urmează se fac referiri privind funcționările anormale ale acumulatorilor menționate precum și asupra unor metode de remediere a lor.

25.2. FUNCȚIONĂRI ANORMALE ALE ACUMULATORILOR ACIDE.

CONDIȚII DE REMEDIERE A CAUZELOR ACESTORA

În tabelul 25.2 sînt prezentate cîteva simptome de rea funcționare sau avarii, frecvent întîlnite în funcționarea acumulatorilor cu plumb, precum și cauzele și indicarea soluțiilor de remediere.

Cauze de funcționare anormală a acumulatorilor cu plumb și metode de remediere a acestora

Fenomenul observat	Cauze	Metode de remediere
1	2	3
Electrolitul iese din vas	1. Nivelul electrolitului este prea ridicat peste păci 2. Capac neetanș	1. Scoaterea de electrolit din vas 2. Se etanșează cu mastic bituminos
Electrolitul unui element de baterie este sub nivelul celorlalte	1. Vasul spart 2. Sulfatare 3. Scurtcircuit	1. Înlocuirea vasului 2. Tratament de desulfare 3. Eliminarea scurtcircuitului
Electrolit colorat	Impurificări	Analiza electrolitului și înlocuirea
Electrolit cu densitate prea mare	Folosirea greșită a acidului sulfuric la refacerea nivelului în loc de apă distilată	Scoaterea de electrolit și înlocuire cu apă distilată
Nivelul electrolitului scade prea repede la toate elemente	1. Încărcare cu curent prea mare (suprîncărcare exagerată) 2. Descărcare cu curent mare	1. Reducerea curentului. Controlul încărcării 2. Limitarea curentului dacă este anormal
Electrolit cu densitate mai mică la unele elemente ale bateriei	1. Mici pierderi de electrolit neobservate 2. Vasul spart 3. Sulfatare	1. Corectarea densității electrolitului 2. Înlocuirea vasului 3. Tratament de desulfatare
Densitatea electrolitului nu crește la valoarea normală la încărcare	1. Scurgere de curent la masă, izolație defectă 2. Polaritate inversată 3. Încărcare insuficientă	1. Remedierea izolației 2. Încărcare cu polaritate normală, urmată de tratament 3. Încărcare la valori normale și tratament de egalizare
Tensiunea are valori neobișnuite	1. Sulfatare deosebit de adîncă 2. Electrolit înghețat	Încărcare, încălzire, eliminarea sulfatării
Capacitate inițială subnormală la un regim de descărcare dat	1. Punere în funcțiune incompletă 2. Degradarea plăcilor pozitive 3. Funcționarea cu nivelul electrolitului sub normal 4. Electrolitul de densitate mică	1. Încărcări-descărcări normale cu I constant 2. Înlocuirea plăcilor pozitive 3. Refacerea nivelului și tratament de egalizare 4. Corectarea densității electrolitului
Temperatură de funcționare de peste 45°C	1. Sulfatare 2. Scurtcircuit 3. Încărcare cu curent prea mare 4. Descărcare cu curent prea mare 5. Nivelul electrolitic sub normal	1. Încărcări-descărcări normale cu I constant 2. Înlocuirea plăcilor pozitive 3. Refacerea nivelului și tratament de egalizare 4. Corectarea densității electrolitului
Nămol în cantitate neobișnuită pe fundul vaselor. Capace bombate, ridicate ori smulse	1. Suprîncărcare exagerată 2. Creșterea în dimensiuni a plăcilor pozitive. Acid acetic în electrolit 3. Explozia gazelor în acumulator	1. Reducerea curentului. Curățirea nămolului 2. Reparația curentă 3. Reparație capitală

Un rol important în asigurarea funcționării întreținerii și reparării unui acumulator cu plumb îl au condițiile de preparare a electrolitului. În acest scop, în tabelul 25.3 se prezintă date privind prepararea electrolitului pentru diverse densități.

Tabelul 25.3

Condiții de preparare a electrolitului acumulatorilor cu plumb

Densitatea acidului sulfuric	Se obțin 100 l de electrolit cu densitate de							
	1,18		1,20		1,24		1,28	
	din b litri acid sulfuric cu densitatea a și cu c litri apă distilată							
a	b	c	b	c	b	c	b	c
1,18	100,00	—	—	—	—	—	—	—
1,19	94,29	5,80	—	—	—	—	—	—
1,20	89,12	11,07	100,00	—	—	—	—	—
1,21	84,49	15,78	94,81	5,29	—	—	—	—
1,22	80,26	20,10	90,05	10,15	—	—	—	—
1,23	76,35	24,11	85,68	14,62	—	—	—	—
1,24	72,99	27,51	81,90	18,46	100,00	—	—	—
1,25	69,92	30,60	78,45	21,96	95,79	4,33	—	—
1,26	65,57	35,41	75,26	25,19	91,90	8,32	—	—
1,27	64,42	36,22	72,29	28,21	88,27	12,04	—	—
1,28	61,91	38,78	69,47	31,11	84,83	15,52	110,00	—
1,285	60,70	40,03	68,00	31,26	83,15	17,24	100,00	—
1,29	59,56	41,03	68,00	33,82	81,56	18,84	98,13	1,93
1,30	55,35	43,48	64,35	36,37	78,57	21,80	94,49	5,64
1,71	21,89	80,64	24,57	78,05	30,00	72,81	36,08	66,92
1,825	17,43	86,21	19,56	84,31	23,88	80,22	28,72	75,61

Tabelul 25.4

Simptome de funcționare anormală a acumulatorilor alcaline și metode de remediere a acestora

Fenomenul observat	Cauza	Metode de remediere
Electrolitul iese din vas	Nivelul este prea ridicat	Se controlează nivelul electrolitului
Concentrația electrolitului este prea mare	Completarea s-a făcut cu potasă caustică	Se înlocuiește o parte din electrolit cu apă distilată
Concentrația electrolitului este prea mică	Electrolitul a fost completat cu prea multă apă, după ce electrolitul a ieșit din vas	Se corectează densitatea cu soluție de potasă caustică de 1,24 g/cm ³
Spumă persistentă la suprafața electrolitului	Impurificarea electrolitului cu grăsimi	Înlocuirea electrolitului
Capacitatea bateriei este micșorată	1. Impurificare completă 2. Impurificarea electrolitului 3. Temperatură neobișnuit de joasă	1. Descărcare cu 15 A la 0 V pe element, încărcare cu 15 A, de scădere până la 1 V pe element; încărcare normală cu 15 A, 7 h 2. Analiză de laborator 3. Înlocuirea electrolitului
Consum mare de apă distilată	1. Vas spart 2. Încărcare prelungită	1. Înlocuirea vasului 2. Controlul încărcării

25.3. FUNCȚIONĂRI ANORMALE ALE ACUMULATOARELOR ALCALINE

În cazul acestor acumulatori simptomele de rea funcționare sînt indicate în tabelul 25.4.

Ca și în cazul acumulatorilor cu plumb, un rol deosebit îl au, în buna funcționare, condițiile de preparare a electrolitului, așa cum se arată în tabelul 25.5.

Tabelul 25.5

Condiții de preparare a electrolitului acumulatorilor alcaline

Densitatea soluției concentrate la 25°C	Cantitatea de apă, în ml de adăugat la 1 l de soluție concentrată pentru a se obține soluții cu densitatea de					
	1,19	1,20	1,21	1,25	1,26	1,27
1,220	155,7	95,4	45,8	—	—	—
1,230	207,2	144,0	91,6	—	—	—
1,240	267,4	200,8	145,9	—	—	—
1,250	313,3	244,5	187,4	—	—	—
1,260	368,6	296,9	237,5	42,2	—	—
1,270	419,3	344,8	283,3	80,8	36,9	—
1,300	580,7	497,7	429,2	203,8	154,9	113,8
1,357	916,0	815	733	460	401	352
1,453	1 492	1 362	1 254	901	825	761
1,530	1 998	1 842	1 714	1 291	1 199	1 122
1,597	2 463	2 284	2 136	1 653	1 544	1 455
1,634	2 753	2 559	2 399	1 873	1 760	1 664

Pentru repararea acumulatorilor alcaline mijloacele necesare demon-tării și remontării acumulatorilor constituie probleme de strictă spe-cialitate, iar intervențiile care se impun se fac de întreprinderea pro-ducătoare.

Reparațiile posibile de executat cu mijloace comune sînt exclusiv la părțile exterioare, limitate, de exemplu, la căptușeala de ebonită a ba-cului, dopul, partea de sus a bornelor, legăturile de înscriere.

Atelierele organizate în centre de asistență tehnică preiau întreține-rea și respectiv repararea completă a acumulatorilor alcaline.

CAPITOLUL 26

TEHNOLOGIA ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII INSTALAȚIILOR PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA FACTORULUI DE PUTERE

26.1. GENERALITĂȚI

Unele receptoare electrice (motoare asincrone, transformatoare de su-dură, cuptoare cu inducție etc.) consumă, pe lângă energia activă, o mare cantitate de energie reactivă.

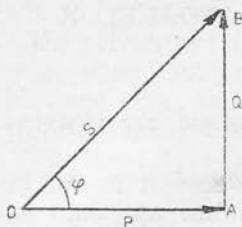


Fig. 26.1. Reprezentarea fazorială a puterilor electrice în curent alternativ:

P — puterea activă;
Q — puterea reactivă;
S — puterea aparentă.

Producerea acestei energii reactive în centralele electrice crează o încărcare suplimentară a generatoarelor, a liniilor electrice și a transformatoarelor, micșorându-se astfel capacitatea lor de livrare și transport a energiei active și mărindu-se pierderile de putere activă în rețea.

Mărimea care arată relația dintre puterea activă și reactivă, produse și transportate, este *factorul de putere* care reprezintă raportul dintre puterea activă și puterea aparentă într-un circuit de curent alternativ, adică:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}} \quad (26.1)$$

unde:

- P este puterea activă;
- Q — puterea reactivă;
- D — puterea deformantă.

Puterea deformantă are valoare mică în comparație cu puterile activă și reactivă, și apare în regim nesinusoidal, așa încît în practica industrială valoarea factorului de putere mediu se determină pe baza citirii contoarelor de energie activă W_a și reactivă W_r pe o perioadă determinată și se obține cu relația:

$$\cos \varphi_m = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}} \quad (26.2)$$

În figura 26.1 este indicată reprezentarea vectorială a puterilor activă, reactivă și aparentă.

O valoare scăzută a factorului de putere în instalațiile pentru producerea și transportul energiei electrice determină o serie de efecte defavorabile în funcționarea acestor instalații.

26.2. EFECTELE SCĂDERII FACTORULUI DE PUTERE ÎN INSTALAȚII ȘI REȚELE ELECTRICE

26.2.1. CREȘTEREA PIERDERILOR DE PUTERE ÎN REZISTENȚA CONDUCTOARELOR

Pierderile de energie totale pe o perioadă de timp t sînt date de expresia:

$$\Delta W = \frac{R}{U^2} \int_0^t (P^2 + Q^2) dt. \quad (26.3)$$

Rezultă că pierderile provocate de puterea reactivă sînt independente de cele provocate de puterea activă, deci cu cît puterea reactivă va fi mai mică, cu atît pierderile de energie în rezistența conductoarelor va fi mai mică, iar acest lucru se petrece la un $\angle \varphi$ cît mai mic, respectiv $\cos \varphi$ cît mai apropiat de valoarea unitară.

26.2.2. NECESITATEA SUPRADIMENSIONĂRII INSTALAȚIILOR

Puterea electrică nominală a instalațiilor de producere, transport și distribuție a energiei electrice, se exprimă prin puterea lor aparentă:

$$S = \frac{P}{\cos \alpha}.$$

Cu cât valoarea factorului de putere al instalațiilor este mai mică, cu atât puterea lor nominală trebuie să fie mai mare, deci valoarea investițiilor și cantitatea de materiale utilizate trebuie să fie mai mare. Din cele menționate rezultă de fapt o supradimensionare a instalațiilor, la un factor de putere scăzut.

26.2.3. REDUCEREA POSIBILITĂȚILOR DE ÎNCĂRCARE CU PUTERE ACTIVĂ A INSTALAȚIILOR

Puterea activă $P = \sqrt{S^2 - Q^2}$, scade pentru $S = \text{constant}$, atunci când Q crește (adică φ crește, $\cos \varphi$ scade).

26.2.4. CREȘTEREA CĂDERILOR DE TENSIUNE ÎN INSTALAȚII

La liniile electrice, în afară de căderea de tensiune ohmică, determinată de curentul respectiv de puterea activă, se produce și o scădere de tensiune inductivă, determinată de curentul respectiv de puterea reactivă, iar această cădere de tensiune este cu atât mai mare cu cât factorul de putere este mai mic.

26.2.5. CREȘTEREA TENSIUNII ÎN INSTALAȚII, ÎN CAZUL UNUI FACTOR DE PUTERE CAPACITIV

În cazul unui factor de putere capacitiv, adică al unui curent defazat înaintea tensiunii, se poate ajunge la situația în care tensiunea de utilizare să fie mai mare decât tensiunea sursei. Această situație prezintă dezavantaje în exploatare, deoarece mărește limitele de variație ale tensiunii, creînd dificultăți în funcționarea receptoarelor, în special a lămpilor electrice, a căror durată de viață este sensibil redusă datorită creșterilor de tensiune.

26.2.6. NECESITATEA UNOR ÎNTRERUPTOARE AUTOMATE CU PUTERE DE RUPERE MAI MARE

La inductanțe mari ale circuitului, când factorul de putere este mai mic, constanta de timp a circuitului este mare și curentul de scurtcircuit atinge valoarea permanentă după un timp mai îndelungat, fapt pentru care puterea de rupere a întreruptoarelor automate trebuie simțitor mărită, ceea ce necesită investiții suplimentare.

26.3. MĂSURI PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA FACTORULUI DE PUTERE AL RECEPTOARELOR ELECTRICE

Principalele cauze ale scăderii factorului de putere în exploatare sînt: funcționarea motoarelor cu o sarcină medie mai mică decît cea nominală, funcționarea motoarelor în gol, în anumite perioade, precum și modificarea condițiilor de funcționare normală, datorită modificării bobinajelor sau întrefierului motorului asincron, cu ocazia efectuării reparațiilor.

Măsurile pentru îmbunătățirea factorului de putere în exploatare al receptoarelor sînt:

26.3.1. MĂRIREA COEFICIENTULUI DE ÎNCĂRCARE AL MOTOARELOR PRIN ÎNLOCUIREA MOTOARELOR DE PUTERE PREA MARE CU MOTOARE DE PUTERE MAI MICĂ

Variația factorului de putere al motoarelor asincrone de construcție uzuală, în funcție de coeficientul de încărcare este reprezentat în diagrama din figura 26.2. Valorile coeficientului de încărcare și ale factorului de putere, pentru diferite industrii, sînt prezentate în tabelul 26.1.

La alegerea motoarelor trebuie să se prefere motoarele asincrone în scurtcircuit față de cele cu rotorul bobinat, deoarece posedă un factor de putere mai bun.

26.3.2. UTILIZAREA LIMITATOARELOR DE MERS ÎN GOL

Limitatoarele de mers în gol se instalează pe mașinile-unelte, pentru întreruperea funcționării motoarelor electrice de acționare în perioadele inactice ale mașinii. În aceste perioade de funcționare în gol a motoarelor, factorul de putere este redus. S-a constatat că montarea limitatoarelor de mers în gol este eficientă dacă durata întreruperii este mai mare de zece secunde.

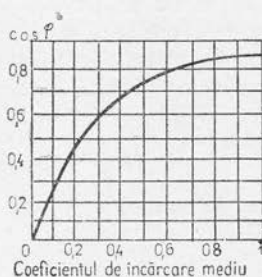


Fig. 26.2. Variația factorului de putere al motoarelor asincrone în funcție de coeficientul mediu de încărcare.

26.3.3. EXECUȚIA DE BUNĂ CALITATE A REPARAȚIILOR MOTOARELOR ELECTRICE

Cu ocazia reparației motoarelor electrice, se poate provoca o reducere însemnată a valorii factorului de putere prin:

— micșorarea numărului de spire (la rebobinarea), fapt care la aceeași tensiune determină o mărime a fluxului magnetic și implicit a curentului de magnetizare;

— modificarea întrefierului (fie prin strunjirea pachetului de tole, fie prin uzarea lagărelor).

Nu este recomandabilă mărirea numărului de spire, întrucît crește rezistența și inductanța bobinajului, deci scade factorul de putere.

Valori ale coeficientului de încărcare și ale factorului de putere pentru diferite întreprinderi industriale

Denumirea grupelor de întreprinderi	Factorul de încărcare pentru coeficientul de simultaneitate $k_0 = 0,5$	Factorul de putere $\cos \varphi$
Uzine de mașini grele	0,35	0,63
Uzine de aparate	0,26	0,52
Uzine de mașini-unelte	0,18	0,40
Uzine electrotehnice	0,32	0,60
Uzine de reparații auto	0,31	0,59
Diverse uzine constructoare de mașini	0,29	0,57
Diverse uzine prelucrătoare	0,29	0,57
Fabrici pentru prelucrarea lemnului	0,27	0,54
Uzine de produse chimice	0,39	0,67
Fabrici de încălțăminte	0,60	0,78
Fabrici textile	0,70	0,81
Fabrici de produse zaharoase	0,46	0,72

La montarea motorului după reparații, trebuie să se controleze poziția axială a rotorului față de stator, întrucît și deplasarea în direcția axială a acestora reduce factorul de putere.

**26.3.4. ÎNLOCUIREA TRANSFORMATOARELOR CU PUTERI PREA MARI
PRIN ALTELE CU PUTERI MAI MICI**

Această înlocuire prezintă avantaje numai dacă sarcina transformatorului reprezintă mai puțin decît 60% din puterea lui nominală.

De asemenea, acolo unde sînt mai multe transformatoare în paralel se vor deconecta o parte din ele în perioadele din afara vîrfului de sarcină, eventual pe timpul nopții.

**26.4. MĂSURI SPECIFICE PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA
FACTORULUI DE PUTERE**

Aceste măsuri presupun utilizarea unor instalații speciale pentru producerea puterii reactive, dintre care menționăm: condensatoarele statice, mașinile sincrone supraexcitate, sincronizarea motoarelor asincrone, montarea în cascadă a motoarelor asincrone cu mașini cu colector sau utilizarea motoarelor asincrone compensate.

26.4.1. UTILIZAREA CONDENSATOARELOR

Îmbunătățirea factorului de putere prin condensatoare de bază pe principiul că la legarea în derivație a unor condensatoare cu receptoarele inductive curentul capacitiv absorbit este defazat cu $\pi/2$ înaintea tensiunii, compensînd total sau parțial curentul inductiv absorbit de receptoare, care este defazat cu $\pi/2$ înapoia tensiunii (fig. 26.3). În

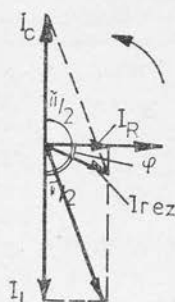


Fig. 26.3. Diagrama curenților într-un circuit R, L, C paralel:

I_R — curentul rezistiv; I_C — curentul capacitiv; I_L — curentul inductiv; φ — unghiul de defazaj.

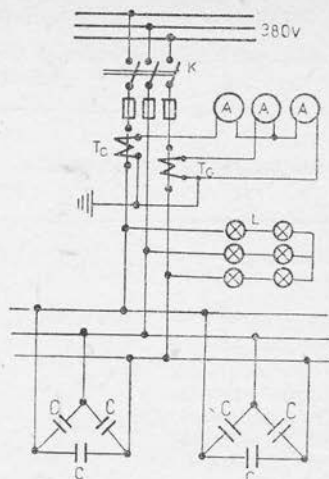


Fig. 26.4. Schema de montaj a bateriilor de condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere:

K — întrerupător automat; T_c — transformator de curent; A — ampermetre; L — lămpi de semnalizare; C — condensatoare statice pentru compensarea factorului de putere.

practică, circuitele au pe lângă reactanța inductivă și o anumită rezistență ohmică; curentul I_R se află în fază cu U , iar din compensarea curenților I_R, I_L, I_C , rezultă curentul I_{rez} care face cu tensiunea U unghiul φ , a cărui valoare este în funcție de felul în care se aleg capacitățile condensatoarelor legate în derivație cu receptoarele.

Condensatoarele pentru tensiuni pînă la 500 V se fabrică în mod normal trifazate și se leagă în instalație în triunghi (pentru ca tensiunea aplicată să fie cît mai mare), iar condensatoarele de înaltă tensiune se leagă în stea.

Pentru protecția întregii instalații împotriva unor avarii, bateriile de condensatoare sînt prevăzute în mod obligatoriu cu siguranțe fuzibile sau cu un întrerupător automat. În circuit se montează și o rezistență care se folosește la descărcarea bateriei de condensatoare; această rezistență poate fi realizată și din lămpi electrice (fig. 26.4).

26.4.2. UTILIZAREA MAȘINILOR SINCRONE

Motoarele sincrone slab încărcate, funcționînd în regim de supraexcitație, absorb putere activă pe care o transformă în lucru mecanic la arbore, debitînd putere reactivă în circuit, îmbunătățînd astfel factorul de putere. Cînd motorul nu este folosit pentru acționare, ci exclusiv pentru debitarea puterii reactive, el poartă numele de *compensator sincron*.

Avantajul motoarelor sincrone constă în posibilitatea lor de a funcționa cu un factor de putere apropiat de unitate sau chiar în regim ca-

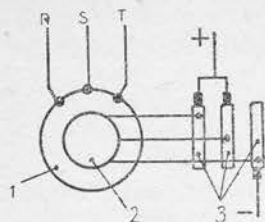


Fig. 26.5. Schema de sincronizare a unui motor asincron:

R, S, T — faze de alimentare; 1 — stator; 2 — rotor; 3 — inele.

pacitiv, astfel încît, pe lângă producerea de putere mecanică, ele pot să contribuie într-o măsură mare și la îmbunătățirea factorului de putere general al circuitului de utilizare.

26.4.3. SINCRONIZAREA MOTOARELOR ASINCRONE

Dacă se alimentează cu curent continuu bobinajul rotoric al motorului asincron cu rotorul bobinat, acesta intră în sincronism și astfel poate funcționa ca un motor sincron cu un factor de putere unitar sau capacitiv (fig. 26.5).

26.5. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA CONDENSATOARELOR STATICE UTILIZATE PENTRU ÎMBUNĂȚĂȚIREA FACTORULUI DE PUTERE

Condensatoarele indigene pentru tensiunile de 380 și 500 V sînt condensatoare trifazate cu conexiunea în triunghi și cu o putere unitară de 15 kVAr. Sînt construite din elemente de condensatoare cu două armături din foite de aluminiu înțășurate pe ambele fețe ale unor benzi din hîrtie de condensator (impregnată cu ulei de condensator). Ansamblul este protejat într-o carcasă metalică închisă, prevăzută cu borne pentru conectarea la circuite și pentru legarea lor la pămînt.

În tabelul 26.2 sînt date caracteristicile condensatoarelor statice pentru îmbunătățirea factorului de putere.

Tabelul 26.2

Caracteristicile condensatoarelor statice pentru îmbunătățirea factorului de putere ($\cos \varphi$)

Caracteristica	Tipurile de condensatoare			
	CU 0,38—15—3	CU 0,50-15-3	CU 0,91/-6,3—15-1	CU 1-15-3
Tensiunea nominală, V	380	500	910	1 000
Frecvența nominală, Hz	50	50	50	50
Capacitatea nominală, F	$330 \pm 15\%$	$192 \pm 15\%$	$57 \pm 15\%$	142,8
Puterea nominală, kVAr	$15 \pm 15\%$	$15 \pm 15\%$	$15 \pm 15\%$	$15 \pm 15\%$
Numărul de faze	3	3	1	3
Temperaturile de funcționare, °C	-20...+35	-20...+35	-20...+35	-20...+35
Umiditatea relativă maximă, %	65	65	65	65
Greutatea, kg	40	40	40	40

În țara noastră sînt cunoscute panourile denumite UNIVAR, care sînt echipate cu condensatoare trifazate de 15 kVAr pentru tensiunea nominală de 380 V (tipul CU 0,30—15—3) și cu aparatul necesar pentru conectare, protecție, semnalizare și măsură. Panourile metalice sînt de tipul (dulap), închis cu grad de protecție IP-31.

Pentru compensarea unor puteri reactive mai mari, se asociază mai multe unități UNIVAR, realizîndu-se astfel baterii de condensatoare.

Echipamentul UNIVAR se instalează în încăperi uscate cu temperatura -20...+35°C, fără praf sau agenți corosivi, inflamabili sau explozivi.

Pierderile în condensatoare sînt de circa 0,5%.

Tensiunea de serviciu poate depăși timp îndelungat cu cel mult 4% tensiunea nominală, iar pentru perioade mai scurte pînă la 24 h, depășirea poate fi de cel mult 10%.

Curentul de reglare al releelor maxime termice va depăși cu cel mult 20% din curentul nominal al bateriei protejate.

Curentul nominal al fuzibilelor siguranțelor va depăși cu cel mult 80% curentul nominal al bateriei și cel puțin cu 40%.

Curenții nominali ai aparatelor de conectare vor fi mai mari decît curentul nominal al bateriilor, astfel:

- cu 20—80% în cazul întreruptoarelor automate;
- cu cel puțin 150% în cazul întreruptoarelor cu pîrghie.

Toate aparatele vor fi în carcasă de protecție. Fiecare baterie va fi prevăzută cu cite un ampermetru pentru fiecare fază. Instalația în care este montată bateria va avea și un voltmetru cu comutator pentru controlul tensiunilor între faze.

Bateriile de condensatoare vor fi prevăzute cu rezistențe de descărcare astfel dimensionate, încît după deconectare tensiunea între faze să scadă la o valoare nepericuloasă (24 V) în timp de cel mult un minut.

Valoarea rezistenței de descărcare se determină cu relația:

$$R = \frac{t \cdot U^2}{10^3 Q_c \cdot 2,3 \lg \frac{U}{U_{adm}}}, \quad (26.3)$$

în care:

- t — este timpul de descărcare, în s;
- U — tensiunea rețelei, între faze, în V;
- ω — $2\pi f = 314$ — pulsația pentru $f = 50$ Hz;
- U_{adm} — tensiunea admisă la finele descărcării, în V;
- Q_c — puterea reactivă a instalațiilor de compensare, în kVar.

Pentru $t = 60$ s, $U = 380$ V, $\omega = 314$ și $U_{adm} = 24$ V,

$$R = \frac{985\,000}{Q_c} \quad [\Omega]. \quad (26.4)$$

După deconectarea bateriei de condensatoare, trebuie să se controleze în prealabil descărcarea cu un voltmetru de curent continuu și la nevoie să se completeze descărcarea prin scurtcircuitarea bornelor condensatoarelor cu ajutorul unui scurtcircuitor legat la pămînt și fixat pe o tijă izolantă.

Controlul periodic al instalației de condensatoare se face cel puțin o dată pe lună. Dacă apar însă situații anormale (zgomote la condensatoare, creșterea tensiunii sau a temperaturii mediului ambiant peste limitele normale etc.), controlul și înlăturarea cauzelor acestor situații se face imediat.

Controlul se execută cu instalația scoasă de sub tensiune și se verifică:

- temperatura mediului ambiant;
- curățenia și starea fizică a condensatoarelor: să nu aibă praf sau murdărie, fisuri, umflături, scurgeri de dielectric. Dacă sînt scurgeri

ușoare de curent în dielectricul de sub izolatoare, starea nu este periculoasă, însă scurgerile de curent mari trebuie oprite prin lipire cu cositor și plumb;

— valoarea curentului și uniformitatea lui pe toate fazele, cum și valoarea tensiunii la barele instalației;

— starea instalației de descărcare.

În cadrul lucrărilor de reparații pentru condensatoare se execută:

— verificarea și stringerea piulițelor legăturilor de contact;

— verificarea și curățirea izolației condensatoarelor. Curățirea se va face cu cârpă uscată;

— măsurarea capacității fiecărui condensator: eroarea de măsurare trebuie să nu depășească 3%; în cazul în care se constată abateri de la valoarea nominală a capacității cu 33% la 380 V, cu 14% la 6 300 V și cu 9% la 10 500 V, condensatorul sau bateria respectivă se vor deconecta de la rețea. Se va avea grijă ca răcirea condensatoarelor să se facă în condiții foarte bune, deoarece temperatura maximă a elementelor interioare ale condensatorului trebuie să nu depășească 60°C, iar temperatura uleiului din straturile superioare trebuie să nu depășească 50°C. Temperatura mediului înconjurător se va păstra sub +35°C, montându-se dacă este cazul ventilatoare în încăperea condensatoarelor.

Pentru industriile cu motoare de puteri foarte mari (peste 500 kW), alimentate direct la înaltă tensiune (6—10 kV), ca de exemplu la turbosuflante, laminoare etc., se vor folosi condensatoare de înaltă tensiune.

Pentru industriile care folosesc motoare de putere mare (100—500 kW) alimentate la 500 V sau 380 V, de exemplu la industria de ciment, chimică, la concasoare, pompe etc., se recomandă montarea bateriilor de condensatoare pe partea de înaltă tensiune (6—10 kV) a stațiilor de transformare.

Pentru industriile cu un număr mare de motoare de puteri mijlocii și mici, cu tensiunile de 500 V, 380 V și 220 V, exemplu în industriile metalurgică, prelucrătoare, textile etc., se recomandă compensarea prin condensatoare montate pe partea de 6 kV a stației de alimentare sau în ateliere, pe partea de joasă tensiune.

CAPITOLUL 27

TEHNOLOGIA ÎNTREȚINERII ȘI REPARĂRII UNOR UTILAJE ELECTROMECHANICE CARE UTILIZEAZĂ ENERGIA ELECTRICĂ ÎN INDUSTRIA CHIMICĂ, SIDERURGICĂ ȘI METALURGICĂ

27.1. GENERALITĂȚI

În prezentul capitol vor fi tratate probleme legate de întreținerea și repararea cuptoarelor electrice, instalațiilor de electroliză și acoperiri metalice, filtrelor electrice și vopsirea în câmp electric.

27.2. CUPTOARE ELECTRICE

Cuptoarele electrice se utilizează atunci cînd se urmărește să se obțină un proces tehnologic precis care trebuie să fie controlat și reglat în limite foarte restrinse, ca de exemplu: la oțelării pentru topit și elaborat oțeluri și fonte speciale, la tratamente termice, la topit metale neferoase, la procese speciale de uscare sau încălzire și altele.

După modul transformării energiei electrice în căldură, se deosebesc două mari grupe de cuptoare electrice: *cu rezistență* și *cu arc electric*. Cuptoarele cu rezistență pot fi alimentate direct sau prin inducție electromagnetică. În tabelul 27.1 sînt prezentate tipuri de cuptoare electrice produse de întreprinderea „Independența” — Sibiu.

Tabelul 27.1

Cuptoare de tratamente termice construite la „Independența” Sibiu

Tipul cuptorului	Temperatura de lucru °C		Dimensiuni spațiul util $L \times l \times I$ mm	Șarja maximă kg	Consumuri energetice		Domeniul de utilizare
	min.	max.			Nm ³ gaz/h	kW	
Cuptor cu cameră electric LJU1	150	650	600 × 600 × 500	500	—	24	Revenire, recoaceri, căliri
Cuptoare cameră electric tip: LSD IRC	200	650	Vatră fixă 600 × 600 × 500 2 500 × 1 000 × 900	250 3 000	— —	35 100	Idem LJU-1
Cuptoare băi cu creuzet metalic, cu Cetrozi IRE IRV	650	950	350 × 350 × 500 350 × 360 × 1 000	Capacitatea băii dm ³ 73 180	— —	100 100	Călire la oțeluri de scule la piese din aliaje neferoase
Cuptoare băi cu creuzet ceramic cu electrozi IRF IRZ	850	1 350	Spațiu de lucru cu cu secț, exagonală S × 350 × 500 S × 350 × 1 000	dm ³ 63 63 100	— —	100 100	Călire la scule din oțeluri aliate și rapide

27.2.1. CUPTOARE ELECTRICE CU REZISTENȚĂ

Cuptoarele electrice cu rezistență (fig. 27.1), au o largă utilizare în toate ramurile industriale, datorită următoarelor avantaje: reglaj ușor al temperaturii, posibilitatea de a se repartiza uniform căldura în cuptor, lipsa gazelor de ardere, posibilitatea de a se realiza regimuri de temperatură constante cu mare precizie, cum și exploatarea curată și deservire ușoară.

Elementele principale ale instalației electrice a cuptoarelor cu rezistență sînt rezistoarele confecționate din sîrme sau benzi de aliaj nichel-

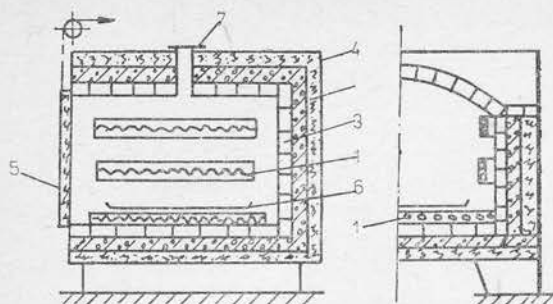


Fig. 27.1. Cuptor electric cu rezistență:
1 — elemente de încălzire; 2 — carcasă metalică;
3 — zidărie refractară; 4 — izolație termică; 5 — ușa
cuptorului; 6 — vatra cuptorului.

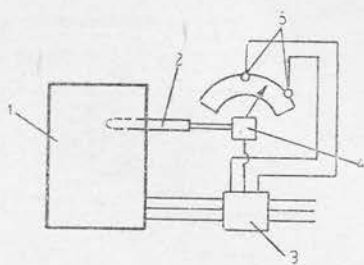


Fig. 27.2. Schemă de principiu
pentru reglarea temperaturii în-
tr-un cuptor electric prin meto-
da pirometrică:

1 — cuptor; 2 — termoelement; 3 —
contactor; 4 — milivoltmetru; 5 —
contacte pentru reglajul temperaturii
maximale și minime în cuptor.

crom, nichel-fier-crom, fier-crom-aluminiu, crom-siliciu-fier ori rezistențe pe bază de carbură de siliciu, pentru temperaturi mai înalte, cum și din molibden, wolfram și platină.

Rezistențele metalice se execută în formă de spirale pentru sîrme rotunde sau în formă de bucle pentru rezistențele din benzi. La cuptoarele industriale se întrebuintează în general sîrme rotunde cu diametre cuprinse între 2 și 5 mm. Sîrmele de crom-nichel au dimensiunile spirelor: $D=(6-7) d$, cele din crom-aluminiu, $D=(4-6) d$, iar pasul spirelor se ia $h \approx 2d$.

Benzile folosite în construcția rezistențelor cu grosimi de 0,8—2 mm, iar raportul dintre lățimea și grosimea benzii este de (5—20) mm.

Tensiunea de utilizare pentru cuptoarele electrice este, în general, sub 500 V (joasă tensiune), iar racordarea la rețeaua de curent, se poate face direct prin transformator coborîtor.

Reglarea regimului termic în cuptoarele electrice se face în general automat; schemele respective folosesc regulatoare cu milivoltmetre cu contact sau au dispozitive electronice. Măsurarea temperaturii în cuptor se face cu ajutorul unui pirometru, iar la milivoltmetrul pirometrului se prevăd două contacte care pot fi fixate la temperatura minimă și maximă admisă în cuptor. Acul indicator în mișcarea lui realizează fie contactul electric la poziția de temperatură maximă, fie contactul la poziția de temperatură minimă, comandînd astfel deschiderea sau închiderea contactorului principal al cuptorului (fig. 27.2).

27.2.2. CUPTOARE DE INDUCȚIE

La aceste cuptoare căldura se produce în însuși metalul supus încălzirii și topirii la trecerea unor curenți electrici prin acesta. Metalul de topit formează secundarul unui transformator care primește energia electrică prin inducție de la primarul legat la rețea.

Din punct de vedere constructiv, cuptoarele de inducție se împart în două categorii: cuptoare cu inducție cu miez de oțel și cuptoare cu inducție fără miez.

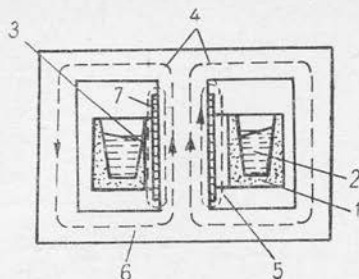


Fig. 27.3. Cuptor electric de inducție cu miez:

1 — material refractar; 2 — baie de metal topit; 3 — zgură; 4 — fluxul magnetic principal; 5 — flux magnetic de dispersie; 6 — miezul magnetic; 7 — bobină.

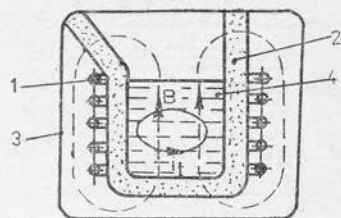


Fig. 27.4. Cuptor electric de inducție fără miez:

1 — înfășurare electrică; 2 — material refractar; 3 — carcasă metalică; 4 — baie de metal topit; B — linii de inducție magnetică.

Schema de principiu a unui cuptor cu inducție cu miez de oțel este dată în figura 27.3.

Cuptorul reprezintă un transformator cu miez avînd o înfășurare primară cu mai multe spire și una secundară în scurtcircuit cu o singură spirală constituită din metalul 2, aflat în canalul creuzetului, executat din material refractar. Fluxul de dispersie ϕ_d al acestor cuptoare fiind mare, factorul de putere va fi redus, deci este necesară utilizarea unor baterii de condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere.

La cuptoarele cu inducție fără miez (fig. 27.4), în creuzetul din material refractar 2 se așează metalul de topit 4. Înfășurarea 1 este parcursă de un curent de frecvență industrială sau, de cele mai multe ori, de frecvență mai ridicată (500—800 Hz). Cuptorul este protejat prin carcasa metalică 3.

Cuptorul se utilizează la elaborarea oțelurilor speciale, a aliajelor nichelului, cobaltului, cromului, aurului etc.

Se construiesc cuptoare cu inducție pentru o gamă largă de puteri de la cîțiva kW la 1 500—3 000 kW. Consumul de energie pentru topirea metalelor neferoase curențe este: la cupru 305—330 kWh/t, la alame 180—265 kWh/t, iar la aluminiu, 450—550 kWh/t.

27.2.3. CUPTOARE ELECTRICE CU ARC

Cuptoarele electrice cu arc pot fi cu acțiune directă sau cu acțiune indirectă. O categorie aparte o constituie cuptoarele cu arc și rezistență, folosite pentru producerea carburii de calciu, a fontei siderurgice, a abrazivilor, a carborundului, a fosforului etc. La cuptoarele cu arc și rezistență, arcu se produce în masa materialului de topit în care se introduce electrodul. Curentul trece prin șarjă și o încălzește pe baza efectului Joule-Lenz.

Cuptoarele cu arc cu încălzire directă servesc la topirea oțelului și a aliajelor greu fuzibile. Căldura dezvoltată în arc se transmite, în principal, prin conducție materialului de topit. Cuptorul propriu-zis (fig. 27.5) este de o construcție foarte simplă și are cei trei electrozi 1 care străbat bolta cuptorului 2 și sînt dispuși ca așezare în vîrfurile unui triunghi echilibrat înscris într-un cerc al cărui diametru este de 2—3 ori mai mic

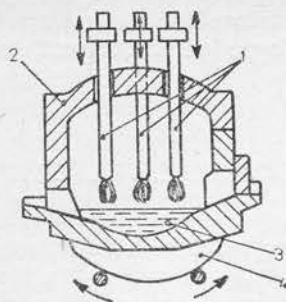


Fig. 27.5. Cuptor electric cu arc cu acțiune directă:

1 — electrozi; 2 — cuva cuptorului; 3 — baia de metal topit; 4 — carcasa metalică.

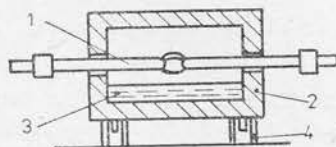


Fig. 27.6. Cuptor electric cu arc cu acțiune indirectă:

1 — electrozi; 2 — cuva metalică a cuptorului; 3 — baie de metal topit; 4 — suporti de susținere.

decît diametrul vetrei cuptorului. Arcul electric se produce între electrozi și metalul de topit 3. Aceste cuptoare sînt, de regulă, de puteri mari 400—45 000 kVA, monofazate sau trifazate.

Cuptoarele cu arc cu acțiune indirectă se utilizează pentru topitul metalelor neferoase (aliaje de cupru) sau al fontei. Cuva cuptorului 2 este cilindrică, așezată în poziție orizontală. Cei doi electrozi 1 sînt dispuși, de asemenea, orizontal, în axa cilindrică a cuvei. Căldura dezvoltată în arc se transmite șarjei în principal prin radiație (fig. 27.6).

Aceste cuptoare se construiesc în unități de putere relativ mici care nu depășesc 500—600 kVA.

Cuptoarele cu arc funcționează la tensiuni joase cel mult 500 V — și curenți mari pînă la 100 000 A. Puterea cuptorului se reglează modificîndu-se lungimea arcului prin deplasarea pe cale electromecanică sau hidraulică a electrozilor.

Cuptoarele electrice cu arc sînt cele mai răspîndite în siderurgie.

Echipamentul electric al cuptoarelor cu arc cuprinde:

— transformatorul trifazat (circa 30—35 MVA, $U_1=6-110$ kV, $U_2=500$ V, $I_2=40\,000$ A, la cuptoare mari de 1 500 t);

— reactoare prevăzute în circuitul de înaltă tensiune, care prin căderea de tensiune pe care o provoacă (20—25%) asigură stabilitatea arcului electric;

— baterii de condensatoare sau compensator sincron folosite pentru cuptoarele de mare capacitate, pentru a compensa puterea reactivă consumată de reactoare, putere care poate atinge 25% din puterea aparentă a transformatorului;

— aparate de protecție și de conectare, care din cauza valorilor foarte mari a curenților din circuitul secundar, sînt montate în circuitul de înaltă tensiune;

— motoare electrice pentru deplasarea electrozilor, cum și pentru acționarea diverselor dispozitive de înclinare, rotire, deplasare etc. ale cuptorului.

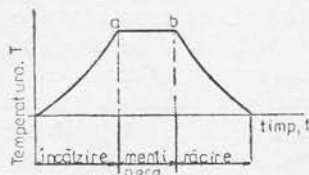


Fig. 27.7. Ciclul tehnologic de tratament termic într-un cuptor electric.

Stabilirea valorilor optime pentru parametrii tehnologici constituie problema centrală a întocmirii procesului tehnologic de tratament termic (fig. 27.7).

27.3. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA CUPTOARELOR ELECTRICE

La cuptoarele electrice se verifică starea elementelor încălzitoare și a suporturilor de șamotă (la cuptoarele cu rezistență), starea căptușelii refractare și a izolației termice, starea corpului metalic exterior, starea creuzetului și a înfășurărilor (la cuptoarele cu inducție), starea și funcționarea mecanismului de reglare a electrozilor (la cuptoarele cu arc), starea și funcționarea mecanismelor de basculare, etanșarea și funcționarea mecanismelor de răcire, starea echipamentului electric de alimentare (transformatoare, reactoare, baterii de condensatoare, compensatoare sincrone, întreruptoare, motoare de acționare etc.).

La cuptoarele cu rezistență, controlul rezistențelor, fără demontarea unor părți ale cuptoarelor, constă în măsurarea rezistenței electrice a acestora, cu ajutorul unei punți de măsurare. O valoare puțin mărită a rezistenței totale indică o oxidare pronunțată a elementelor, iar o valoare important mărită a rezistenței totale, indică întreruperea unui element paralel. În aceste situații, se demontează punțile dintre bornele elementelor legate în paralel și se verifică fiecare rezistență în parte. Elementul încălzitor care s-a deteriorat trebuie înlocuit cu un element identic, adică din același material și de dimensiuni egale cu cel înlocuit. O atenție deosebită trebuie acordată la îmbinarea și sudarea capetelor rezistențelor pe barele de legătură, deoarece un contact necorespunzător sau o suprafață prea mică de contact, conduce la supraîncălziri locale și la ieșirea din funcțiune înainte de vreme a elementului încălzitor.

Starea căptușelii refractare, a învelișului metalic, a ușilor, a electrozilor, a creuzetului etc., se constată vizual, în perioadele dintre șarje și se repară imediat. Plăcile de șamotă și izolațiile trebuie înlocuite sau completate imediat ce se constată o degradare a lor, evitându-se prin aceasta pierderile de căldură și degradarea pieselor din cuptor în urma încălzirii neuniforme.

Electrozii cuptoarelor cu arc, la cuptoarele moderne, se reconstituie pe măsură ce se consumă, prin înșurubare. Prelungirea electrozilor se recomandă să se facă în perioada dintre topiri.

Reparația învelișului refractar din magnezită sau dolomită trebuie executată după fiecare șarjă, prin cîrpirea golurilor (dacă este cazul). Reînnoirea pereților din magnezită este necesară după circa 140 șarje, iar a celor din dolomită după circa 75 șarje. Reînnoirea vetrei se impune după circa 650 șarje la cuptoarele căptușite cu magnezită și după circa 400 șarje în cele cu căptușeală de dolomită.

Instalația de alimentare cu energie electrică a cuptoarelor trebuie să fie revizuită mai des decît la alte receptoare, avînd în vedere condițiile mai grele în care lucrează: temperaturi relativ ridicate (40—50°C sau chiar mai mult), fapt pentru care izolațiile îmbătrînesc repede; regimul de lucru îndeosebi la cuptoarele cu arc este greu, astfel încît aparatajul electric și cel de comandă este mult solicitat, uzura contactelor aparatelor de comandă și protecție și starea lor putîndu-se înrăutăți relativ repede, fapt pentru care se vor înlocui de îndată elementele necorespunzătoare.

Reparația echipamentului electric pentru cuptoare (transformatoare, întrerupătoare automate, comutatoare stea-triunghi, motoare electrice de antrenare a mecanismului electrozilor sau a dispozitivului de basculare, circuite de alimentare etc.) se va face conform tehnologiilor prezentate anterior în capitolele referitoare la aceste mașini și aparate electrice.

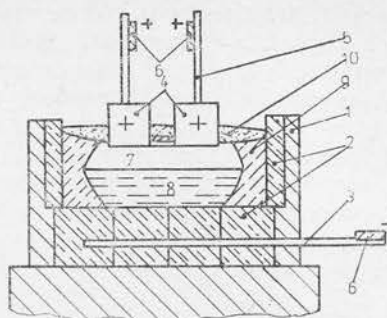


Fig. 27.8. Instalație de electroliză a aluminiului:

1 — manta metalică; 2 — plăci de cărbune; 3 — bare de oțel; 4 — anozii de cărbune; 5 — bare metalice; 6 — conducte de curent; 7 — electrolit; 8 — băle de aluminiu topit; 9 — crustă solidificată; 10 — alumina.

27.4 ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA INSTALAȚIILOR DE ELECTROLIZĂ

Schema de principiu a unei instalații de electroliză este indicată în figura 27.8.

În general, partea electrică a instalațiilor de băi electrolitice este simplă și robustă. Problemele ce intervin în aceste instalații la curenți mari și tensiuni reduse sînt legate de realizarea unor contacte bune în rețeaua de curent continuu. Căderile de tensiune în aceste contacte (înnădiri de bare, contactele cu bare de distribuție a anozilor și catozilor) trebuie măsurate periodic cu un milivoltmetru. Se recomandă ca suma căderilor de tensiune în aceste contacte să nu întrecă 10—20% din tensiunea totală aplicată băilor.

Sursele de alimentare cu energie electrică a băilor de electroliză și anume generatoarele de curent continuu, grupurile motor-generator ori redresoarele, se întrețin și se repară în conformitate cu tehnologiile descrise în capitolele anterioare referitoare la aceste mașini și aparate electrice.

27.5. ÎNTREȚINEREA ȘI REPĂRAREA FILTRELOR ELECTRICE ȘI INSTALAȚIILOR PENTRU VOPSIREA ÎN CÎMP ELECTROSTATIC

La baza funcționării filtrelor electrice și a instalațiilor de vopsire în cîmp electrostatic stă efectul corona. Efectul corona reprezintă o descărcare automată incompletă luminescentă, care se limitează la zona unor electrozi cu curbura mare. În vecinătatea unor astfel de electrozi, intensitatea cîmpului electric este foarte mare.

Filtrele electrice servesc la captarea particulelor aflate în suspensie într-un amestec gazos cu scopul de a purifica amestecul sau de a separa și valorifica suspensia. Astfel de filtre se montează împotriva poluării atmosferei la coșurile de fum ale centralelor electrice care funcționează cu cărbune, cum și pe instalațiile fabricilor de ciment, alumina, rafinăriilor de plumb, uzinelor de elaborare a cuprului etc.

Instalațiile pentru vopsirea în cîmp electrostatic servesc la reducerea pierderilor de vopsea și la uniformizarea vopsirii. Între pulverizator și

obiectul metalic de vopsit se stabilește o tensiune continuă înaltă: 40—110 kV. Vopseaua pulverizată se încarcă negativ și sub acțiunea forței electrostatice, particulele fine de vopsea sînt îndreptate spre obiectul de vopsit pe care se depun. Deoarece practic toate liniile de cîmp se termină pe obiectul de vopsit, particulele de vopsea se depun aproape în întregime pe acesta și pierderile de vopsea se reduc la circa 50%.

Întreținerea și repararea filtrelor electrice și a instalațiilor de vopsire în cîmp electrostatic pun probleme doar asupra transformatoarelor ridicătoare de tensiune și a redresoarelor mecanice, cu kenotroane, cu seleniu sau cu siliciu care se folosesc pentru obținerea curentului continuu, operații care se fac în conformitate cu tehnologiile descrise în capitolele anterioare pentru aceste echipamente.

CAPITOLUL 28

TEHNOLOGIA REPARĂRII REȚELELOR ELECTRICE ÎN CABLU

28.1. GENERALITĂȚI

Rețelele electrice în cablu au o largă dezvoltare în instalațiile electrice ale întreprinderilor industriale din cauza avantajelor incontestabile pe care le prezintă în privința siguranței în exploatare, condițiilor de pozare convenabile și estetice, precum și protecției muncii ridicate.

Rețelele de cabluri electrice pot fi constituite din cabluri de energie, de comandă și control și de teletransmisie.

Cablurile de energie (sau de forță) sînt cabluri de joasă, medie, înaltă și foarte înaltă tensiune, folosite pentru transportul, distribuția și utilizarea energiei electrice în curent continuu sau alternativ.

Cablurile de comandă și de control sînt cablurile folosite în instalațiile de comandă, măsură, semnalizare, blocaj, reglaj, protecție și automatizare, cu tensiuni de exploatare pînă la 400 V inclusiv.

Cablurile de teletransmisie sînt cablurile de telecomunicație, telefonice, telex, ceasoficare, radioficare, telecomandă, telemăsură, telesemnalizare și avertizare incendiu.

Cablurile de energie se fabrică cu conductoare de cupru sau aluminiu, izolate cu hîrtie impregnată sau cu material plastic (PVC) și protejate în manta de plumb sau PVC.

În tabelul 28.1 sînt prezentate cîteva tipuri mai importante dintre cablurile fabricate în țara noastră. Semnificația simbolurilor: H—hîrtie; I—înveliș de iută; B—armătură cu benzi de oțel; Y—material plastic; P—plumb; M—manta de cauciuc; C—cablu, cauciuc, iar uneori cînd litera este la începutul simbolului, C—cupru, A—aluminiu.

28.2. ACCESORII PENTRU CABLURI

Ca accesorii principale pentru cabluri se folosesc manșoanele de legătură și derivație, cutiile terminale, papucii pentru conductoarele cablurilor, clemele de legătură și cutiile de distribuție.

Manșoanele de legătură și cele cu derivație se folosesc pentru realizarea înădărilor în prelungire, respectiv în derivație, ale cablurilor electrice. Manșoanele de legătură sînt alcătuite dintr-un manșon de fontă exterior și, dacă e cazul, dintr-unul sau mai multe manșoane de plumb interioare.

Cutiile terminale sînt armături utilizate pentru legarea, protejarea și izolarea capetelor cablurilor electrice nesupuse la solicitări mecanice. Ele pot fi din tablă de oțel ștanțată și zincată, din fontă cenușie moale sau din aliaj de aluminiu.

Papucii pentru conductoarele cablurilor sînt piese de legătură electrică între conductoare și bornele aparatelor, mașinilor și tablourilor electrice. Ei se confecționează din alamă (Am 63; AmT 66), cupru (Cu 9) sau din aluminiu.

Pentru umplerea manșoanelor și a cutiilor terminale se folosesc *masele izolante*. Masa izolantă neagră folosită pentru manșoane și cutii terminale pînă la 3 kV, cum și pentru umplerea manșoanelor de fontă se fabrică în două tipuri: B 35 pentru medii reci sau B 90 pentru medii încălzite. Rigiditatea dielectrică trebuie să fie minimum 120 kV/cm. Masa izolantă galbenă trebuie să aibă o rigiditate dielectrică de minimum 120 kV/cm; ea este folosită pentru umplerea manșoanelor pe plumb la cablurile de medie tensiune (pînă la 35 kV).

Pentru izolarea capetelor conductoarelor electrice, la înădări etc., se utilizează *banda uleiată* (bandă șterling). Ea este confecționată din pînză de bumbac sau mătase, impregnată în lacuri pe bază de uleiuri vegetale. Grosimea benzilor este de 0,2 mm pentru bumbac și 0,12 mm pentru mătase.

Pentru despărțirea fasciculelor de cabluri de tensiuni diferite pozate aparent pe aceleași trasee și la distanțe nenormate, se utilizează *plăci de azbest*.

Pentru protecția mecanică a cablurilor îngropate în pămînt se utilizează *cărămida* (25×12×6,5 cm).

28.3. CONDIȚII DE INSTALARE A CABLURILOR ELECTRICE

La instalarea cablurilor se vor avea în vedere următoarele recomandări:

— cablul se va așeza pe traseu sub formă ondulată pentru a se crea o rezervă de circa 10% din lungimea traseului;

— la capete cablul se lasă cu 1,5 m mai lung pentru crearea posibilităților ulterioare — în caz de nevoie — a executării de noi capete terminale ale cablului;

— la treceri prin fundații, pereți și planșeele clădirilor, cum și prin tunele, pe sub drumuri și căi ferate, cablurile trebuie protejate în țevi metalice sau de beton. Țevile de protecție vor avea diametrul util de minimum 1,5 ori diametrul exterior al cablului și cel mult două curbe de rază; capetele țevelor vor fi bercuite;

— desfășurarea cablurilor de pe tambur se va face numai dacă temperatura mediului ambiant nu coboară în decurs de 24 h sub valorile limită din tabelul 28.2, în cazuri extreme, numai după încălzirea electrică sau în barăci a cablului.

Limita inferioară a temperaturii mediului ambiant admisă la pozarea cablurilor electrice

Specificarea cablurilor	$\theta_{adm} \text{ } ^\circ\text{C}$
Cabluri cu izolație de hirtie și manta de plumb, aluminiu, PVC, până la 10 kV inclusiv	0
Cabluri cu izolație de hirtie de 15–35 kV	+5
Cabluri cu izolație și manta de PVC	+4
Cabluri cu izolație de cauciuc	–7
Cabluri nearmate, cu izolație de cauciuc și manta de plumb	–20

28.4. ÎMBINAREA ȘI CONECTAREA CABLURILOR

Îmbinarea conductoarelor între ele (în manșoane) sau cu papuci de legătură (la cutiile terminale) trebuie astfel executată, încât rezistența electrică la locul respectiv să nu fie mai mare decât cea a conductorului pentru a nu conduce la supraîncălziri inadmisibile la locul de îmbinare.

Îmbinările conductoarelor se pot face pe cale mecanică (prin șuruburi sau prin presare la rece), pe cale termică (prin lipire sau prin sudare) și mixtă (atât mecanic cât și termic).

28.5 MONTAREA MANȘOANELOR ȘI CAPETELOR TERMINALE

Cele mai frecvente deranjamente în rețelele electrice de cabluri apar la manșoane și cutii terminale, din cauza discontinuității produse în izolația și etanșeitatea cablului, când execuția este necorespunzătoare. Calitatea lucrărilor se asigură prin respectarea strictă a tehnologiei de execuție a manșoanelor și cutiilor terminale.

Execuția manșoanelor și cutiilor terminale diferă după natura conductoarelor, a izolației și a protecției cablurilor. Dintre procedeele de înădădire mai mult utilizate, menționăm:

— pentru toate categoriile de cabluri, înădădirea în manșoane metalice cu masă neagră (procedeu clasic, ce se va fi prezentat în cele ce urmează);

— pentru cablurile cu izolații din material plastic, înădădirea în manșoane turnate din rășini sintetice sau înădădirea prin refacerea izolației cu benzi de PVC lipicioase.

28.5.1. MONTAREA MANȘOANELOR DE CABLU

Înainte de manșonarea cablului, se verifică starea izolației cablului, ca de exemplu, pentru cablurile cu izolație de hirtie impregnată se aprinde o bucată de hirtie din izolație sau se introduce în parafină topită și încălzită la 150°C. Dacă se aud zgomote sau la suprafața parafinei topite și se produce spumă, înseamnă că izolația conține umezeală. În cazul în

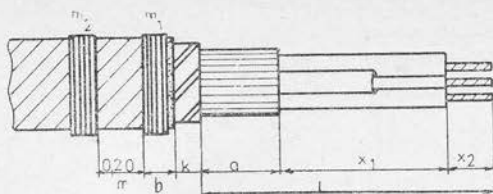


Fig. 28.1. Cablu electric ale cărui învelișuri sînt desfăcute în vederea reparării lui:

a, K, m, n, x_1, x_2 — distanțe normalizate pe care se desfac învelișurile; m_1, m_2 — matisaje pentru consolidarea învelișurilor.

care izolația este umedă, se înlătură succesiv din capătul cablului bucăți scurte pînă cînd se ajunge la o izolație uscată.

Desfacerea capetelor cablurilor. Se face după ce se îndreaptă capetele cablurilor pe o lungime de 1—2 m (în funcție de tensiune) și se suprapun pe o lungime de 0,5 m, iar apoi se așează pe două suporturi și se taie capetele de cablu, astfel încît ele să rămînă suprapuse pe o lungime b (v. fig. 28.1 și tabelul 28.3), apoi se înfășoară un strat de bandă izolantă pe lungimea c peste care se fac două matisaje m_1 și m_2 din cîte zece spire din sîrmă zincată cu diametrul de 1,5 mm.

Tabelul 28.3

Lungimi caracteristice la desfacerea capetelor cablurilor electrice în vederea executării înnădîrilor

Tensiunea nominală, kV	Secțiunea cablului mm ²	Dimensiuni, mm				
		l	k	a	b	c
1	16—120	225	15	55	50—60	20
	150—240	255	15	60	50—60	20
	<240	285	15	70	50—60	20
6—10	16—35	255	15	55	55—65	20
	50—185	325	15	60	55—65	20
	240—300	360	15	65	55—65	20

Se desface apoi și se înlătură învelișul exterior armăturii, începîndu-se de la matisaje spre capete, pe distanțele x_1 și x_2 , după care se matisează la distanța k două-trei spire de sîrmă peste banda metalică; de la acest matisaj se taie și se înlătură benzile metalice și benzile de protecție, pînă cînd se ajunge la mantaua de plumb sau PVC a cablului, care se curăță de gudron cu o cîrpă muiată în petrol lampant, apoi cu alta muiată în benzină și la urmă cu o cîrpă uscată.

Începînd de la distanța a față de armătura metalică se taie și se înlătură mantaua de PVC sau plumb și umpluturile dintre conductoare, se îndepărtează și se fasonează conductoarele, astfel încît fiecare capăt să ocupe vîrfurile unui triunghi echilateral și se taie conductoarele la lungimea definitivă pentru îmbinare (fig. 28.2).

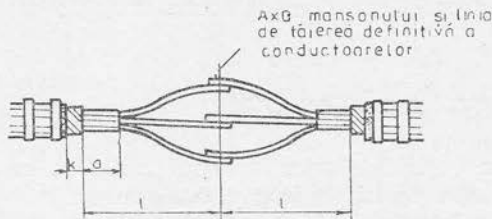


Fig. 28.2. Tăierea capetelor cablului la lungimea finală:
 a, K, l — distanțe.

Îmbinarea conductoarelor. Constituie o operație ce urmează în fluxul tehnologic al montării mansonului și se face prin îmbinarea conductoarelor de aluminiu sau a celor de cupru.

Refacerea izolației. Se execută la o grosime sporită, înfășurînd peste porțiunile de conductor dezizolate complet sau în trepte, straturi suprapuse și strînse de hîrtie uleiată de lățimi convenabile. Pentru înlăturarea eventualelor urme de umezeală, banda uleiată se încălzește în prealabil în vase speciale la 110—120°C, iar peste conductoare se toarnă, atît înainte cît și după înfășurare, ulei fierbinte.

Montarea manșonului interior. Se face numai la cablurile cu manta de plumb sau aluminiu de tensiuni mari de 1 kV (pentru continuitatea mantalei și etanșeitate la umezeală). Se așează mai întîi jumătatea inferioară, apoi cea superioară, se leagă provizoriu la capete cu sîrmă neagră de cablu și se lipesc cele două jumătăți ale manșonului cu aliaj Lp 37, folosindu-se lampa cu benzină sau arzătorul cu gaz. Plumbul se curăță cu stearină. Se încălzește manșonul uniform la 50—60°C, se umple complet cu masă galbenă încălzită la 120°C și se lipește capacul manșonului cu aliaj Lp 37.

Montarea conductoarelor de legare la pămînt. Se face numai la cablurile armate, în scopul securității personalului de exploatare și al protecției înfășurării de plumb contra distrugerii, în cazul străpungerii izolației cablului urmată de o punere la pămînt. Legarea la pămînt se face cu două conductoare de cupru multifilar STAS 1724-80, fiecare lipit cu un cap de învelișul metalic al unui capăt de cablu, iar celălalt cap se va lega la șuruburile de legare la pămînt din manșon (fig. 28.3).

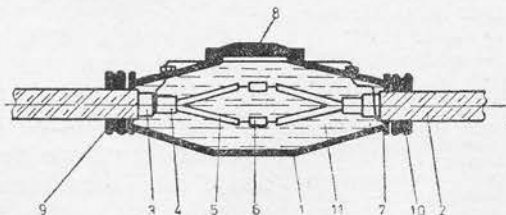
Secțiunea conductorului multifilar de cupru va fi de 6—25 mm², în funcție de tensiunea și secțiunea cablului.

Montarea manșonului de fontă exterior. La locul de prindere a cablului în brățile manșonului exterior se înfășoară cîte o garnitură de carton asfaltat, pînă cînd se ajunge la un diametru exterior de 4—5 mm, mai mare decît diametrul interior de 4—5 mm, mai mare decît diametrul interior al gîtului. Se așează partea inferioară a manșonului pe un pat de cărămizi, se montează garnitura de iută impregnată în șanțul de etanșare, se introduce manșonul interior și se fixează cablul în brăți; acestea se strîng peste garniturile de carton asfaltat. Se montează apoi partea superioară a manșonului, scoțindu-se conductoarele de legare la pămînt prin șuruburile anume destinate, după care se strîng șuruburile manșonului. Conductoarele de legare la pămînt se lipesc cu aliaj Lp 40 la ieșirea din șuruburi.

După încălzirea manșonului (cu lampa cu benzină) la 50—60°C și a masei izolante, se umple manșonul cu masă izolantă neagră; iar după contractare se completează umplerea. Se strîng din nou toate șuruburile manșonului, se așează garnitura de iută impregnată a capacului și se montează capacul. Pentru etanșare peste capac și la încheieturi, se toarnă masă neagră bituminoasă.

Fig. 28.3. Secțiune printr-un manșon de interconectare a două cabluri electrice cu punerea în evidență a legăturilor de punere la pămînt:

1 — manșon de fontă; 2 — cablu electric; 3 — armătură metalică; 4 — izolație comună din policlorură de vinil extrudată; 5 — izolație din policlorură de vinil a conductoarelor cablului; 6 — clemă de legătură; 7, 8 — conexiunile conductoarelor de punere la pămînt; 9 — manșon de carton impregnat; 10 — brăți ale manșonului; 11 — compound izolant.



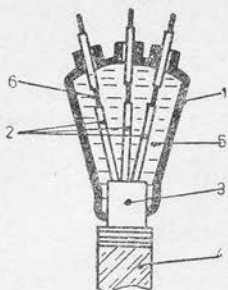


Fig. 28.4. Cutie terminală de interior de joasă tensiune:

1 — cutie; 2 — conductoare; 3 — cămașă comună de protecție; 4 — înveliș exterior; 5 — compound electroizolant; 6 — conductor neizolat.

Se așează peste manșon un strat de nisip de 10—15 cm și apoi un rînd de cărămizi pe lat, după care se astupă groapa.

Tehnologia de montaj a manșoanelor de înădîire pentru cablurile de forță cu tensiunea de 1 kV și izolația din PVC este asemănătoare cablurilor clasice cu manta din plumb.

28.5.2. MONTAREA CUTHILOR TERMINALE DE CABLU

Cutii pentru interior. Se ia o lungime corespunzătoare a cablului, astfel încît capetele conductoarelor să ajungă la bornele aparatelor unde se execută legătura.

La o distanță de circa 30 m sub locul de pătrundere a cablului în interiorul cutiei, el se matisează cu o sîrmă și se desface învelișul de iută. După îndepărtarea armăturilor de oțel ale învelișului interior și ale hîrtiei gudronate de pe mantaua de plumb, aceasta se curăță bine de resturile de gudron.

Pe mantaua de plumb se înseamnă locul pînă unde va intra cablul în manșonul cilindric de la baza cutiei. Se taie cu grijă mantaua de plumb și se înlătură. Capetele conductoarelor se îndoaie după curbura cutiei și se întărește izolația cu bandă izolantă textilă albă sau șterling, cu excepția unei porțiuni de 30 mm sub nivelul masei de cablu unde se desface și izolația de fabricație, cu scopul împiedicării pătrunderii umezelii în interiorul cablului. Se montează cutia pe cablu, fixîndu-se pe suport și lipindu-se apoi manșonul inferior al cutiei pe mantaua de plumb. Se

desizolează capetele conductoarelor și se montează papucii. Pe conductoarele de cupru papucii se montează prin strîngere și lipire cu aliaj de cositor, iar pentru conductoarele de aluminiu se pot folosi tot papuci de cupru, dacă îmbinarea se face prin lipire cu metalizare în trepte. Apoi se continuă izolarea cu bandă lăcuită a conductorului, pînă cînd trece tița papucului. Se opărește izolația capetelor conductoarelor ieșite din cutie, iar cutia se umple cu masă. Cutia se leagă apoi la pămînt printr-un conductor multifilar de cupru. În figura 28.4 este reprezentată o cutie terminală de exterior de joasă tensiune.

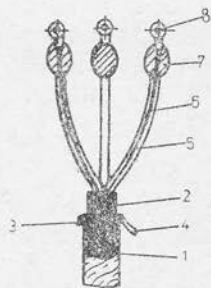


Fig. 28.5. Cap terminal de interior a unui cablu de joasă tensiune, izolat cu policlorură de vinil:

1 — armătură metalică; 2 — cămașă comună de protecție; 3 — matisaj din benzi izoante; 4 — conductor de legare la pămînt; 5 — izolația conductoarelor cablului; 6 — conductoare metalice; 7 — izolație terminală; 8 — papuc.

La cablurile cu izolația din policlorură de vinil nu este necesară cutia de plumb, deoarece izolația acestora este nehiroscopică.

Întărirea izolației conductoarelor se va face prin înfășurarea unui strat de bandă lăcuită pe toată lungimea, în zona de fixare a papucilor și la ieșirea din mantaua de policlorură de vinil (fig. 28.5).

Cutii terminale de exterior. Pentru exterior se utilizează cutii terminale din fontă. Se procedează asemănător ca și la cutiile de interior, însă se vor asigura condiții de izolare și etanșare superioare, iar capetele

conductoarelor la ieșirea din cutie trebuie să fie mai lungi și să formeze o buclă și apoi să ajungă pînă la conductorul aerian unde se vor lega prin cleme. În cutia terminală se toarnă masă neagră, încălzită în prealabil la 150°C (pînă cînd nu mai face spumă) și apoi răcită la 110°C.

28.6. DERANJAMENTELE REȚELELOR DE CABLURI

În rețelele de cabluri de înaltă și joasă tensiune, deranjamentele pot proveni din: deteriorarea izolației, deteriorarea conductoarelor, deteriorarea straturilor protectoare.

Defectele care pot să apară mai frecvent la cablurile electrice sînt cele de contact și îmbătrînirea termică a izolației, datorită solicitărilor termice mari (încărcarea pînă sau peste limita termică făcînd de multe ori parte din practica curentă în exploatarea rețelelor de cabluri, mai ales la joasă tensiune).

Consecințele unor deranjamente în rețelele de cabluri pot fi din cele mai grave, datorită pericolului de incendiu și de explozie.

28.7. DETERMINAREA DEFECTELOR LA CABLURI

De obicei, determinarea locului defect într-un cablu este posibilă după ce s-a efectuat arderea locului defect, cu tensiune mărită.

Există metode de determinare a locului defect prin care nu se impune deplasarea cu aparatul detector pe întregul traseu de cablu, ci se bazează pe determinarea aproximativă a lungimii cablului pînă la locul defectului, prin aplicarea aparatului de determinare la capătul liniei. Astfel de metode, între care amintim: metoda prin impulsuri, prin descărcare oscilatorie, metoda de determinare în buclă sau metoda capacitivă se pretează și dau rezultate bune numai la linii de lungime mare.

Locatoarele de defect bazate pe reflectarea impulsurilor se utilizează pentru determinarea punctului defect și a naturii defectului la circuitele simple, neramificate (fig. 28.6). Funcționarea acestor locatoare de defect constă în emiterea de impulsuri foarte scurte, în intervale foarte bine precizate, pe linia avariată, impulsuri care se reflectă în punctele în care parametrii liniei se schimbă, adică în punctele de scurtcircuit, punere la

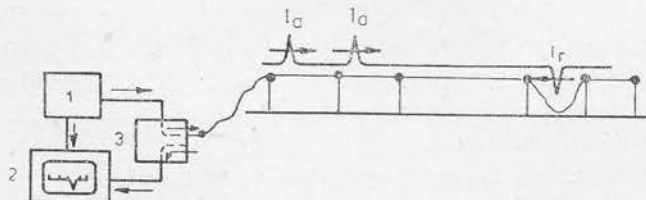


Fig. 28.6. Schema de principiu pentru localizarea defectelor în cabluri electrice, prin metoda impulsurilor:

1 — generator de impulsuri; 2 — osciloscop catodic; 3 — adaptor;
 I_a — impuls incident; I_r — impuls reflectat.

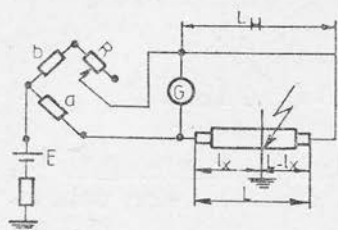


Fig. 28.7. Schema de principiu pentru localizarea defecților în cabluri electrice prin metoda buclei:

a, b — rezistoare electrice; R — rezistența variabilă; L — cablu electric defect; G — galvanometru; E — sursă de tensiune electromotoare de curent continuu; L_N — lungime normalizată; l_x — distanța pînă la punctul de defect.

pămînt sau întrerupere și revin pînă la punctul unde se emit. Intervalul de timp care a trecut de la emiterea impulsului și pînă la sosirea impulsului reflectat este proporțional cu distanța pînă la punctul de defect. Cunosîndu-se viteza de propagare a impulsului se poate determina distanța pînă la punctul de defect. Locatoarele de defect conțin un generator de impulsuri, un element de adaptare la linie, un receptor de impulsuri și un tub catodic. Spotul luminos este sincronizat pe orizontală cu frecvența de emisie a impulsului. Devierea pe verticală este comandată de impulsurile reflectate. În acest fel, distanța pe orizontală dintre punctul de plecare a spotului și punctul de apariție a impulsului reflectat este proporțională cu durata de întîrziere, deci cu distanța pînă la punctul de defect. Pentru ușurința citirii, locatorul este prevăzut cu un dispozitiv de marcarea a distanțelor (din kilometru în kilometru la linii lungi, sau din 10 în 10 m la cabluri scurte).

În figura 28.7 este reprezentată una dintre schemele utilizate cu metoda buclei de punere la pămînt. Această metodă necesită fir auxiliar de lungime L_H . La echilibrul punții, distanța pînă la punctul de defect este dată de relația

$$l_x = \frac{a}{R+a} (L + L_H). \quad (28.1)$$

La cablurile relativ scurte (pînă la cîteva sute de metri) din întreprinderile industriale, la determinarea locului defect se folosesc, în general, metode mai precise, denumite metode absolute, dintre care prezentăm metoda inductivă (fig. 28.8).

Metoda inductivă se bazează pe introducerea pe conductoarele cablului a unui curent de înaltă frecvență (800—3000 Hz), care formează un cîmp magnetic în jurul cablului (cîmp magnetic variabil). Acesta generează într-un detector-amplificator cu cască situat deasupra traseului cablului, impulsuri sonore.

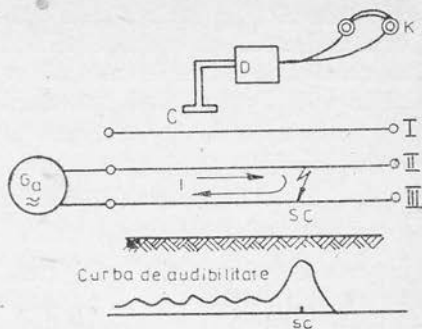


Fig. 28.8. Schema de principiu pentru localizarea defecților în cabluri electrice prin metoda inductivă:

I, II, III — fazele cablului; SC — locul defect produs de o scurtcircuitare; G_a — generator de semnal; K — cască telefonică; D — detector.

Deplasându-se cadrul C al aparatului detector D deasupra traseului, apare în căștile K un sunet, iar în imediata apropiere de locul defect sunetul se intensifică brusc; la circa 0,5 m de la locul defectului dispare complet. Precizia determinării locului defectului este de $\pm (1 \dots 3)$ m.

28.8. EXPLOATAREA, ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA REȚELELOR DE CABLURI

În timpul exploatării se vor urmări respectarea încărcărilor admisibile în cabluri, funcție de condițiile de pozare și funcționare. În caz de avarii, se admite supraîncărcarea cablurilor rămase în funcție, conform cu indicațiile fabricii constructoare; în lipsa acestor indicații, se admite o supraîncărcare de 10% din sarcina admisibilă de durată pentru cablurile cu tensiunea nominală pînă la 20 kV inclusiv (peste această tensiune nu se admit suprasarcini în cabluri). La rețelele cu neutrul izolat sau compensat se admite funcționarea cablurilor subterane cu o fază pusă la pămînt pînă la înlăturarea defectului, dar cu controlul încălzirii mantalei de protecție (operația determinării și înlăturării avariei trebuie să înceapă imediat).

Întreținerea rețelelor de cabluri trebuie să aibă în vedere:

- menținerea curățeniei exemplare a cablurilor montate aparent (în clădiri, în canale și tuneluri etc.), înlăturînd, cînd este cazul, depunerile de praf sau de materiale de orice natură, străine rețelei de cabluri;
- verificarea în orele de sarcină maximă a temperaturii mediului din canale, tuneluri, puțuri, poduri sau alte spații închise, conținînd trasee de cabluri; temperatura măsurată trebuie să nu depășească $+10^{\circ}\text{C}$ peste temperatura mediului ambiant;
- verificarea capetelor terminale a cablurilor și completarea, dacă este cazul, a masei izolante scurse;
- repararea sau înlocuirea capacelor defecte la canale, concomitent cu curățirea canalului.

La repararea cablurilor electrice se vor avea în vedere ca:

- toate lucrările să se execute de cel puțin două persoane și cu respectarea normelor de protecție a muncii și tehnică a securității;
- în timpul executării lucrărilor de reparații în canale sau tuneluri, se vor lua toate măsurile corespunzătoare de prevenire a incendiilor.

Liniiile electrice subterane (LES) nu necesită reparații periodice. Lucrările de reparații intervin numai în cazul avarierii unor elemente, cum sînt cutiile terminale și mufele de legătură, sau al unor deteriorări în cablu. Lucrările de reparare a cutiilor terminale sau a mufelor de legătură se execută în conformitate cu tehnologia prezentată în acest capitol.

28.9. ÎNCERCĂRI, VERIFICĂRI ȘI MĂSURĂRI UZUALE ALE REȚELELOR ELECTRICE ÎN CABLU

Verificarea calității reparațiilor și prevenirea defectelor cablurilor electrice subterane în timpul exploatării se face prin următoarele încercări, verificări și măsurări:

Tabelul 28.4

Rezistențe de izolație minimale ale seriei unitare de cabluri electrice destinate gamei de tensiuni de (2...10) kV

U_n , kV	2	3	6	10
R_p , M Ω	20	20	50	50

conducerea tehnică a întreprinderii, funcție de importanța și de starea lor, precum și de frecvența avariilor, pentru cablurile nou pozate de joasă tensiune de energie, de comandă și de control.

Măsurarea rezistenței de izolație se face: la cablurile cu tensiunile nominale pînă la 2 kV, folosind megohmmetrul de 0,5 sau 1 kV; la cablurile cu tensiunile nominale de 2 kV și mai mari folosind megohmmetrul de 1 sau 2,5 kV. Rezistența de izolație a cablurilor de 1 kV trebuie să fie de cel puțin 1 M Ω .

Rezistența de izolație a cablurilor de 2 kV și mai mari, trebuie să aibă valori cel puțin egale cu cele din tabelul 28.4.

b. *Verificarea continuității conductoarelor cablurilor* se face: după fiecare reparație, pentru constatarea executării corecte a îmbinărilor; în cazul punerii în paralel a două sau mai multor cabluri sau cînd se constată o repartitie neuniformă a sarcinilor pe cablurile puse în paralel.

c. *Identificarea fazelor* se execută cînd se montează în paralel două sau mai multe cabluri sau cînd se fac reparații pe cablurile instalațiilor care cer respectarea unei anumite succesiuni a fazelor.

d. *Încercarea cu tensiune mărită a cablurilor* se face în scopul scoaterii în evidență a punctelor cu izolație slăbită de pe traseul cablului. Se execută: după reparații, la punerea în funcțiune; preventiv, o dată la cel mult trei ani.

Această încercare se aplică numai cablurilor cu tensiunea nominală peste 1 kV. Valoarea tensiunii de încercare trebuie să fie de cinci ori tensiunea nominală ($5 U_n$) între faze la cablurile cu manta comună și de cinci ori tensiunea nominală pe fază la cele cu mantale separate. Durata de aplicare a tensiunii de încercare este de cel puțin 5 min.

Pentru încercare se folosește o instalație de transformare-redresare, (fig. 28.9), care se compune, în principiu, dintr-un transformator de reglaj Tr , un transformator ridicător de tensiune T , un kilovoltmetru kV cu care se măsoară tensiunea de încercare, tubul redresor de înaltă tensiune (kenotron) K și miliampermetrul mA , care măsoară curentul de

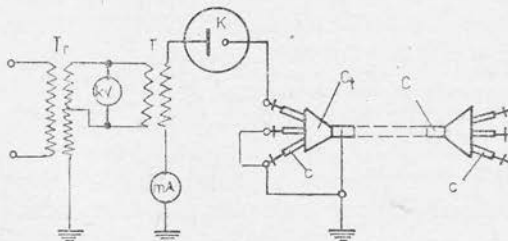


Fig. 28.9. Instalație de înaltă tensiune cu kenotron pentru încercarea cablurilor electrice la tensiune redresată mărită:

Tr — transformator de înaltă tensiune; I — transformator de cuplaj; K — kenotron; mA — miliampermetru; c — capetele cablului; C_2 — capăt terminal al cablului; C — manșon; kV — kilovoltmetru.

fugă (curentul care trece prin izolație). O bornă a instalației se leagă de un conductor, iar cealaltă la mantaua metalică a cablului legat la pământ, la care se leagă și celelalte două conductoare. Tensiunea se mărește treptat, cu cel mult 1 kV/s, prin reglarea numărului de spire ale transformatorului *Tr*.

Se consideră că izolația cablului este satisfăcătoare dacă curentul de fugă la cablurile pînă la 10 kV nu depășește 400 mA, iar la cele de 35 kV, 800 mA, iar asimetria acestora este sub 2. Se recomandă, de asemenea, să nu se observe șocuri ale curentului de fugă în timpul menținerii tensiunii de încercare. După încercare, cablul trebuie descărcat pe o rezistență.

e. *Încărcările maxime admisibile de lungă durată a cablurilor de joasă tensiune.* Pentru asigurarea unei fiabilități corespunzătoare, în tabelul 28.5 se dau încărcările maxime admisibile de durată, pentru mai multe tipuri de cabluri.

Tabelul 28.5

Încărcările maxime admisibile de durată ale cablurilor de joasă tensiune

Secțiunea conductoarelor, mm ²	Cabluri cu izolație și manta de PVC de 1 kV						Cabluri cu izolație de cauciuc și man- ta de plumb de 500 V				Cabluri cu izolație de hirtie și manta de plumb de 1 kV					
	1 cond.		2 cond		3,4 cond		2 cond		3; 4 cond		1 cond		2 cond		3; 4 cond	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
1,5	35	—	30	—	25	—	27	—	21	—	35	—	30	—	25	—

ÎNȚREȚINEREA ȘI REPARAREA ACȚIONĂRILOR ELECTRICE CU MUTATOARE CU SEMICONDUCTOARE

29.1. GENERALITĂȚI

Reglarea turației motoarelor electrice de acționare ale echipamentelor industriale se poate realiza prin mai multe metode: metode electromecanice și metode electrice cu mutatoare cu ventile de tipul celor cu descărcări în gaze (tiratroane, ignitroane etc.) sau cu mutatoare cu semiconductoare (diode, tiristoare etc.).

Redarea turației motoarelor de acționare prin metode electromecanice. Reglarea turației prin această metodă se referă la: reglarea turației motoarelor asincrone (prin modificarea numărului perechilor de poli, prin modificarea tensiunilor statorice de alimentare, prin modificarea frecvenței tensiunilor de alimentare, prin modificarea impedanțelor statorice, prin metoda impulsurilor de tensiune pentru motoare de putere mică și medie); reglarea turației motorului sincron; reglarea turației motorului de curent continuu cu excitație în derivație (prin modificarea rezistenței echivalente a circuitului rotor, prin modificarea tensiunii de alimentare, prin modificarea fluxului de excitație, prin metoda impulsurilor de alimentare); reglarea turației motoarelor de curent continuu prin așa-numitul grup generator-motor sau grupul Ward-Leonard; reglarea turației motorului de curent continuu cu excitație în serie (prin modificarea rezistenței circuitului rotor, prin modificarea tensiunii de alimentare, prin modificarea fluxului de excitație).

Reglarea turației motoarelor de acționare prin metode electromecanice a fost prezentată în capitolele anterioare.

Din motivele menționate, în cele ce urmează ne vom ocupa numai de întreținerea și repararea acționărilor electrice cu mutatoare cu semiconductoare.

29.2. DEFINIȚII ȘI CONDIȚII DE FUNCȚIONARE A ACȚIONĂRILOR ELECTRICE CU MUTATOARE CU SEMICONDUCTOARE UTILIZABILE ÎN TEHNOLOGIA ÎNȚREȚINERII ȘI REPARĂRII ACESTORA

Prin mutatoare se înțeleg acele instalații care transformă parametrii energiei electromagnetice utilizând elemente de circuit cu caracteristici neliniare, elemente care permit trecerea unidirecțională a curentului. Tensiunea sau tensiunile de ieșire ale mutatoarelor pot avea, în limitele unor valori extreme, o variație oarecare în timp.

În instalațiile electromecanice un mutator poate funcționa ca:

- redresor, dacă transformă energia de curent alternativ în energie de curent continuu;
- inverter, dacă transformă energia de curent continuu în energie de curent alternativ;

— convertizor static, în situația transformării energiei de un anumit fel în energie de același fel, dar cu alți parametri (energie de curent alternativ în energie de curent alternativ sau energie de curent continuu în energie de curent continuu).

Uneori, același mutator poate funcționa ca redresor sau ca invertor.

Pentru o mai bună înțelegere a noțiunii de mutator, ne vom referi la unele exemple din domeniul acționărilor electrice reglabile.

a. În acționările reglabile se utilizează frecvent alimentarea motorului de curent continuu de la o rețea de curent alternativ prin intermediul unui mutator (u), așa cum se indică în figura 29.1. Rețeaua trifazată are tensiunea sinusoidală de valoare efectivă constantă și frecvența constantă. Valoarea medie a tensiunii de alimentare a mașinii electrice poate fi variată, în mod obligatoriu, prin variația tensiunii de comandă u_c a mutatorului. Când se absoarbe energie din rețeaua de curent alternativ, mutatorul (u) funcționează ca redresor (R), iar mașina de curent continuu m , ca motor (M). În cazul frînării cu recuperare a motorului este necesar ca tensiunea medie la ieșirea mutatorului să fie mai mică decât tensiunea electromotoare indusă în rotorul motorului. Sensul curentului prin indus se inversează. Se modifică, de asemenea, și sensul energiei schimbate pe la borne. Mașina de curent continuu funcționează ca generator (G), iar mutatorul ca invertor (I).

b. Se poate imagina și alimentarea mașinii asincrone trifazate de la o rețea de curent continuu, prin intermediul unui mutator (u), așa cum ilustrează figura 29.2. Amplitudinea și frecvența tensiunii de alimentare a mașinii asincrone pot fi modificate prin variația tensiunii de comandă u_c a mutatorului. Dacă mutatorul (u) funcționează ca invertor (I), mașina asincronă lucrează în regim de motor (M). Puterea reactivă necesară mașinii asincrone este furnizată prin intermediul mutatorului. Când mașina asincronă funcționează ca generator (G) mutatorul funcționează ca redresor (R).

c. Un convertizor static (CS) se obține dacă se conectează două mutatoare ca în schema din figura 29.3 (convertizor static de curent alternativ). Primul mutator (u_1) transformă energia de curent alternativ, de frecvență și tensiune constantă, în energie de curent continuu de tensiune reglabilă. Cel de-al doilea mutator (u_2) transformă energia de curent continuu, de tensiune reglabilă, în energie de curent alternativ de tensiune și frecvențe variabile.

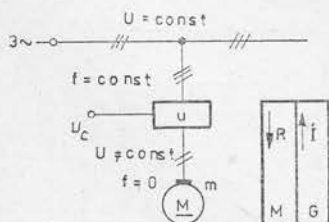


Fig. 29.1. Sistem de acționare reglabilă a unui motor de curent continuu cu mutator:

u — mutator; M — motor de curent continuu; R — redresor; I — invertor; U — tensiunea de alimentare; u_c — tensiune de comandă; G — regim de generator.

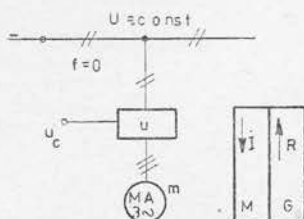


Fig. 29.2. Sistem de acționare reglabilă a unui motor asincron trifazat:

u — mutator; u_c — tensiune de comandă; MA — motor asincron; R — redresor; I — invertor; G — regim de generator; M — regim de motor.

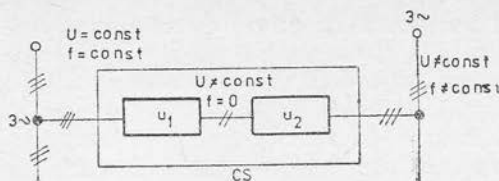


Fig. 29.3. Sistem de acțiune reglabilă a unui motor asincron trifazat cu convertizor static de curent alternativ și cu circuit intermediar de curent continuu:

CS — convertizor static de curent alternativ; u_1, u_2 — mutatoare.

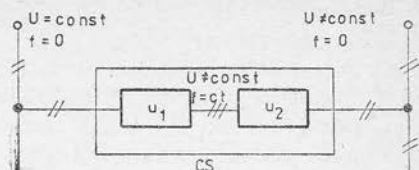


Fig. 29.4. Sistem de acțiune reglabilă de curent alternativ cu convertizor static, cu curent intermediar de curent alternativ:

CS — convertizor static; u_1, u_2 — mutatoare.

Convertizorul static reprezentat în figura 29.3 este trifazat, dar după aceeași schemă se poate realiza și un convertizor static monofazat. Astfel de convertizoare, după cum reiese din fig. 29.1, posedă un circuit intermediar de curent continuu.

d. Se pot realiza convertizoare statice de curent continuu a căror mutatoare (μ_1, μ_2) sînt conectate între ele pe partea de curent alternativ (fig. 29.4), obținîndu-se astfel tot un convertizor static care transformă energia de curent continuu în alte caracteristici.

e. Utilizarea celor două scheme statice (fig. 29.3 și 29.4) este ilustrată în fig. 29.5 a, b. Se remarcă faptul că mutatoarele transformă direct energia electrică prin intermediul ventilelor electrice, în timp ce în cazul convertizoarelor rotative, energia electrică se transformă prin intermediul unei alte forme de energie (energie mecanică).

29.3 INSTALAȚII MONOFAZATE DE REDRESARE PENTRU COMANDA MOTOARELOR DE CURENT CONTINUU

Redresoarele monofazate de redresare pentru comanda motoarelor de curent continuu pot fi împărțite în două categorii: redresoare în simplă alternanță și redresoare în dublă alternanță.

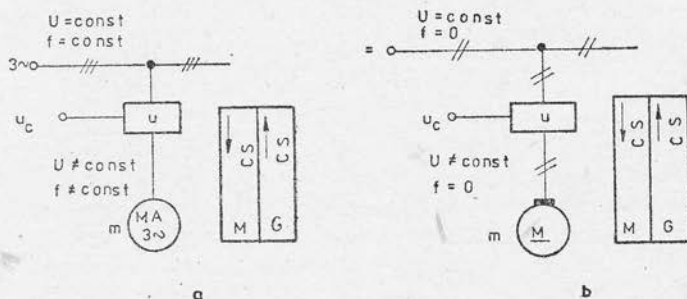


Fig. 29.5. Sistem de acțiune a motoarelor electrice cu convertizoare statice:

a — pentru un motor electric de curent alternativ; b — pentru motor electric de curent continuu; u — mutator; u_c — tensiune de comandă.

29.3.1. INSTALAȚII MONOFAZATE CU REDRESAREA UNEI SINGURE ALTERNANȚE

Schema de principiu a instalației este reprezentată în fig. 29.6, în care T reprezintă un tiristor, iar M un motor de curent continuu cu excitație independentă. Precizăm că tiristorul este un dispozitiv semiconductor care permite trecerea curentului într-un singur sens, cu o cădere de tensiune de circa 1 V, numai din momentul în care se aplică un impuls de tensiune pe electrodul de comandă E denumit de obicei *poartă*. Momentul aprinderii tiristorului se poate varia începând de la valoarea Π a unghiului de aprindere (când tensiunea este nulă), pentru a nu se înregistra un șoc de curent, după care α se micșorează pînă cînd se ajunge la regimul dorit de viteză.

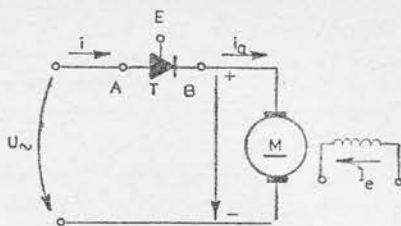


Fig. 29.6. Instalație monofazată de curent alternativ cu redresarea unei singure alternanțe:

M — motor de curent continuu; A, B — borne; T — tiristor; i — curent principal; i_a — curent de alimentare; I_e — curent de excitație; U — tensiune alternativă de alimentare; Tr — transformator.

29.3.2. INSTALAȚII MONOFAZATE CU REDRESAREA AMBELOR ALTERNANȚE

O schemă monofazată uzuală pentru redresarea ambelor alternanțe este prezentată în figura 29.7. Este vorba de o schemă în punte monofazată cu două tiristoare T_1 și T_2 în două laturi adiacente și două diode D_3 și D_4 în laturile opuse ale punții $ABCD$. Schema este alimentată, de obicei, de la o rețea monofazată prin intermediul unui transformator Tr .

Tiristoarele T_1 și T_2 funcționează succesiv, primind impulsurile de comandă alternativ, cu o perioadă pe jumătate în comparație cu perioada tensiunii U de alimentare a schemei. Tiristorul T_1 redresează cu o întârziere reglabilă α alternanța pozitivă a tensiunii U , iar tiristorul T_2 redresează cu aceeași întârziere α alternanța negativă.

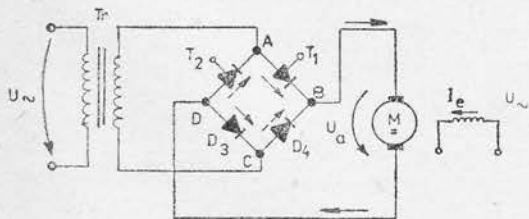


Fig. 29.7. Instalație monofazată de curent alternativ cu redresarea ambelor alternanțe:

T_1, T_2 — tiristoare; D_3, D_4 — diode; U_a — tensiune de alimentare; M — motor de curent continuu; I_e — curent de excitație; Tr — transformator.

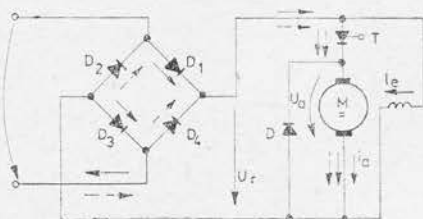


Fig. 29.8. Sistem de acționare a unui motor de curent continuu printr-o punte redresoare:

D_1, D_2, D_3, D_4 — diode redresoare; M — motor de curent continuu; T — tiristor; i_e — curent de excitație; D — diodă redresoare; U_a — tensiune de alimentare; i_a — curent de alimentare; U_r — tensiune redresată.

Cînd conduce tiristorul T_1 curentul debitat de sursă se închide pe drumul $ABMDC$, prin intermediul diodei D_3 . În tot acest interval de timp, tensiunea U_a la bornele motorului M este egală cu tensiunea U a sursei. Cînd conduce tiristorul T_2 , drumul curentului este $CBMDA$ trecut cu același sens.

O variantă a schemei precedente este reprezentată în figura 29.8, cunoscută sub numele de *schema Gaudet*. Ea utilizează patru diode conectate în punte, astfel încît tensiunea la ieșirea punții U_r este permanent pozitivă, un tiristor care primește impuls de aprindere de două ori într-o perioadă (folosirea unui singur tiristor constituie avantajul esențial al schemei) și o diodă D pentru prelungirea curentului i_a .

29.4 INSTALAȚII TRIFAZATE DE REDRESOARE PENTRU COMANDA MOTOARELOR DE CURENT CONTINUU

29.4.1. INSTALAȚIE TRIFAZATĂ CU REDRESAREA UNEI SINGURE ALTERNANȚE

La puteri mai mari de 4—5 kW, instalațiile monofazate de redresare nu mai dau satisfacție și se utilizează cele trifazate. În cele ce urmează, se va prezenta o instalație (fig. 29.9) pentru redresarea unei singure alternanțe, care posedă numai trei tiristoare care utilizează motoare de curent continuu standardizate (110, 220, 440 V), tensiunea rețelei de alimentare fiind și ea la valorile standardizate (127/220/380 V). Analizînd figura rezultă următoarele:

— în fig. 29.9, a tiristoarele T_a, T_b, T_c primesc succesiv impulsuri de aprindere, la intervale regulate de $2\pi/3$ rad. el., în succesiunea T_a, T_b, T_c ; în acest caz, valoarea unghiului de întîrziere la aprindere $\alpha=30^\circ$, iar instalația funcționează în regim de redresor, respectiv mașina electrică funcționează în regim de motor;

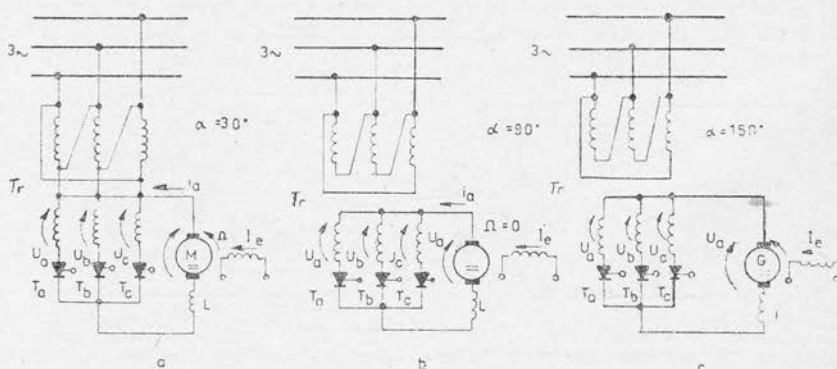


Fig. 29.9. Sisteme de acționare în punte redresoare a motoarelor de curent continuu pentru diverse unghiuri de aprindere ale tiristoarelor: a — cu unghi de aprindere $\alpha=30^\circ$; b — cu unghi de aprindere $\alpha=90^\circ$; c — cu unghi de aprindere $\alpha=150^\circ$; T_a, T_b, T_c — tiristoare; M — motor; G — generator; U_a, U_b, U_c — tensiuni de alimentare; I_e — curent de excitație; i_a — curent de alimentare; L — bobină; Tr — transformator.

— în fig. 29.9, *b*, unghiul de întârziere la aprindere $\alpha=90^\circ$, iar mașina electrică se află pe limita de separare a celor două cadrane;

— în fig. 29.9, *c*, unghiul de întârziere la aprindere este $\alpha=150^\circ\text{C}$, iar instalația de tiristoare nu mai funcționează ca un redresor, transformând energia de curent alternativ trifazat în energie de curent continuu, ci în regimul exact invers, adică în regim de inverter; deci pentru $\alpha>90^\circ$, mașina electrică funcționează în regim de generator, iar instalația de tiristoare ca inverter; acest regim permite utilizarea aceleiași mașini electrice fie ca motor, fie ca generator pentru frînarea cu recuperarea energiei, după valoarea întârzierii la aprindere a tiristoarelor.

29.4.2. INSTALAȚIE TRIFAZATĂ CU REDRESAREA AMBELOR ALTERNANȚE

Această instalație, a cărei schemă principală este reprezentată în figura 29.10, este cunoscută și sub numele de *dublă punte trifazată*. Sînt necesare șase tiristoare (uneori numai trei tiristoare pe o parte și trei diode necomandabile pe cealaltă parte, aceasta fiind o soluție mai ieftină).

Tiristoarele primesc impulsuri de aprindere la intervale $\pi/3$ rad. el. în următoarea succesiune: $a_1, c_2, b_1, a_2, b_2, c_1$. În conducție simultană se află totdeauna un tiristor din grupul din stînga și unul din grupul din dreapta (evident, de pe o fază diferită). De exemplu, în figura 29.10, conduc simultan tiristoarele a_1 și b_2 .

Tensiunea U_A la bornele motorului este egală cu tensiunea secundară între faze $U_{ab}=U_a-U_b$, pînă în momentul cînd se aprinde tiristorul c_2 . Din acest moment tensiunea $U_{ac}=U_a-U_c$, fiind mai mare, curentul schimbă direcția de drum, trecînd prin tiristoarele a_1 și c_2 . Tensiunea U_A devine egală cu U_{ac} . După aceea se aprinde tiristorul b_1 care preia curentul de la tiristorul a din aceeași grupă; tensiunea U_A va fi egală cu U_{bc} , curentul închizîndu-se prin tiristoarele b_1 și c_2 ș.a.m.d.

29.5 INSTALAȚII DE REGLARE A TURĂȚIEI PRIN PULSURI DE TENSIUNE DE LA O SURSĂ DE CURENT CONTINUU

Această metodă de reglare a turației motoarelor de curent continuu se aplică în instalații denumite uneori Chopper și se materializează în acționările tramvaielor, troleibuzelor, în care unica sursă este o baterie de elemente galvanice sau baterie de acumulate. Schema electrică permite și recuperarea energiei în perioadele de frînare, ceea ce permite mărirea performanțelor ei.

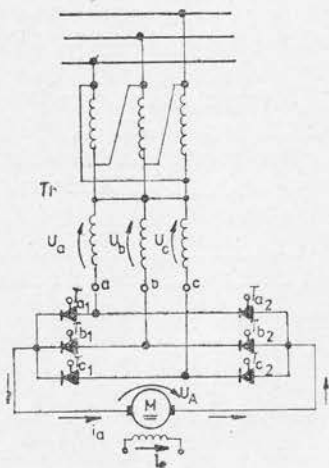


Fig. 29.10. Sistem de acționare a unui motor de curent continuu în dublă punte trifazată:

M — motor; i_e — curent de excitație; $I_{a1}, I_{b1}, I_{c1}, I_{a2}, I_{b2}, I_{c2}$ — tiristoare; U_a, U_b, U_c — tensiuni de alimentare; i_a — curent de alimentare; i_e — curent de excitație; Tr — transformator.

29.6 INSTALAȚII PENTRU REGLAREA FĂRĂ PIERDERI A TURĂȚIEI MOTOARELOR ASINCRONE

Reglarea fără pierderi a turației motoarelor asincrone se poate realiza prin:

- comanda tensiunii de alimentare a motorului prin tiristoare montate antiparalel (montaj antiductor);
- comanda frecvenței tensiunii de alimentare prin convertizor direct (cicloconvertor);
- comanda simultană a tensiunii și frecvenței de alimentare prin convertizoare în circuit intermediar de curent continuu;
- recuperarea energiei de alunecare.

29.6.1. COMANDA TENSIUNII DE ALIMENTARE A MOTORULUI PRIN TIRISTOARE MONTATE ÎN PARALEL (MONTAJ ANTIDUCTOR)

Schema de principiu a acestei metode este reprezentată în figura 29.11. Pe două faze ale rețelei de alimentare sînt conectate în montaj antiparalel cîte două ansambluri de cîte două tiristoare. În semiperioada pozitivă a tensiunii pe fază a rețelei va conduce un tiristor din aceste ansambluri, iar în semiperioadă negativă, celălalt. Schema permite reglarea turației prin modificarea tensiunilor statorice de alimentare.

29.6.2. COMANDA FRECVENȚEI TENSIUNII DE ALIMENTARE PRIN CONVERTIZOR DIRECT (CICLOCONVERTOR)

Principiul funcționării cicloconvertorului monofazat reiese din schema din figura 29.12.

Fundamentală tensiunii de la bornele sarcinii Z_s are o frecvență de trei ori mai mică decît tensiunea de alimentare (cînd frecvența de alimentare este 50 Hz, la bornele sarcinii frecvența este de $1 \frac{2}{3}$ Hz).

Există și cicloconvertoare cu alimentare trifazată așa cum se relevă în figura 29.13, racordate la rețea prin intermediul unui transformator Δ/λ . Astfel de cicloconvertoare funcționează în patru cadrane, fără curenți de circulație.

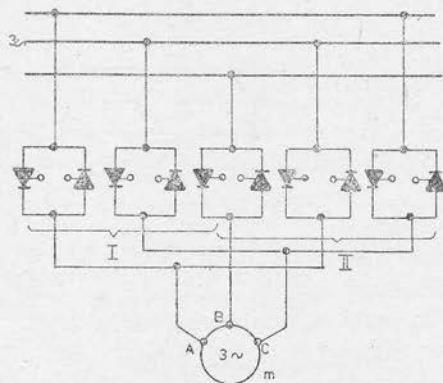


Fig. 29.11. Sistem de comandă a unui motor asincron în montaj antiductor: A, B, C — bare de alimentare; m — motor asincron.

29.6.3. COMANDA SIMULTANĂ A TENSIUNII ȘI FRECVENȚEI DE ALIMENTARE CU CONVERTIZOARE CU CIRCUIT INTERMIAR DE CURENT CONTINUU

Schema de principiu a unei instalații pentru comanda simultană a ten-

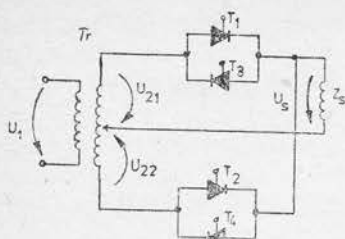


Fig. 29.12. Sistem de comandă a frecvenței de alimentare prin cicloconvector:

T_1, T_2, T_3, T_4 — tiristoare; Z_s — impedanță de sarcină; Tr — transformator monofazat cu priză mediană; U_1 — tensiune primară de alimentare a transformatorului Tr .

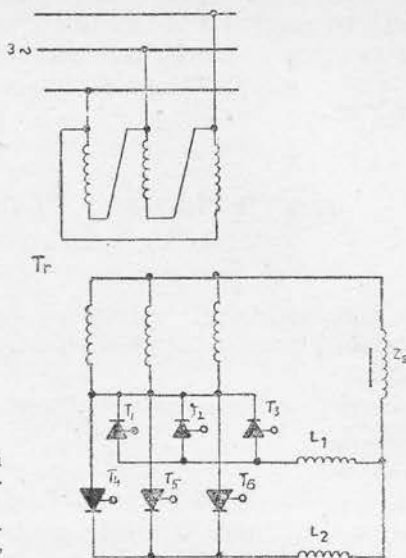


Fig. 29.13. Sistem de comandă cu cicloconvertoare și cu alimentare trifazată:

Tr — transformator trifazat triunghi-stea; L_1, L_2 — bobine; $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ — tiristoare.

siunii și frecvenței de alimentare cu menținerea constantă a raportului U_1/f , este reprezentată în figura 29.14.

În schemă, mutatorul u_1 funcționează în regim de redresor, iar mutatorul u_2 , în regim de invertor.

29.6.4. REGLAREA TURĂȚIEI PRIN RECUPERAREA ENERGIEI DE ALUNECARE

La acționările care necesită puteri mari și foarte mari, într-un domeniu redus de modificare a turației, se utilizează, de regulă, motorul asincron, la care energia electromagnetică de alunecare, din circuitul rotor, poate fi recuperată prin:

— transformarea în energie mecanică ce se transmite apoi arborelui motorului asincron (recuperarea mecanică);

— restituire în rețeaua de alimentare a motorului asincron (recuperarea electromagnetică).

În primul caz se utilizează așa-numita cascadă cu recuperare mecanică a energiei de alunecare sau cascadă KRAMER statică.

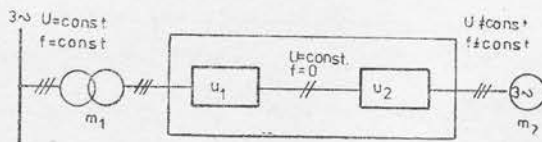
În al doilea caz, se folosește cascada SCHERBIUS statică.

29.7. INSTALAȚIA PENTRU REGLAREA CU PIERDERI A TURĂȚIEI MOTOARELOR ASINCRONE

În acționările cu durată scurtă de funcționare, pierderile suplimentare datorate metodelor de reglare a turației, pot fi admise. Procedeele de bază

Fig. 29.14. Sistem de comandă simultană a tensiunii și frecvenței de alimentare prin convertizoare cu circuit intermediar de curent continuu:

m_1 — transformator; m_2 — motor asincron trifazat; u_1, u_2 — mutatoare.



aplicat în acest caz îl constituie utilizarea convertizoarelor de impulsuri care permite comanda prin impulsuri, respectiv variația rezistenței obținută prin conectarea în paralel a unui rezistor și a unui convertizor de impulsuri.

29.8 TIPURI DE MUTATOARE FABRICATE ÎN ȚARĂ, UTILIZATE ÎN ACȚIONĂRILE ELECTRICE

În țara noastră, la întreprinderea „ELECTROTEHNICA” — București se produc, pentru acționări electrice, mai multe tipuri de mutatoare și anume:

- convertizoare de curent continuu în construcție modulară tip CPT și CPTR;
- convertizoare cu tiristoare pentru acționările principale ale mașinilor-unelte tip CCTE (cu reglarea în patru cadrane) și CCTS;
- convertizoare trifazate pentru acționările avansurilor la mașinile-unelte;
- convertizoare cu tiristoare pentru diferite aplicații industriale;
- invertoare monofazate, care transformă tensiunea continuă în tensiune alternativă de mărime și frecvență dorită;
- convertizoare statice de frecvență pentru acționarea grupelor de motoare asincrone trifazate;
- redresoare cu stabilizare automată de tensiune pentru funcționarea în tampon și încărcarea bateriilor de acumulator;
- instalații de redresare de mare putere pentru electrochimie și metalurgie;
- instalații de redresare pentru galvanizare.

Seria de convertizoare de curent continuu. Din această serie se produc în țară trei tipuri reprezentative de convertizoare (fig. 29.15, fig. 29.16, fig. 29.17).

În figura 29.15 este reprezentată schema de principiu a convertizoarelor nereversibile de tip CPT cu o punte redresoare care conține un regulator (*Reg. n*) de turație (bucula exterioară) și blocul de comandă pe grilă BCG.

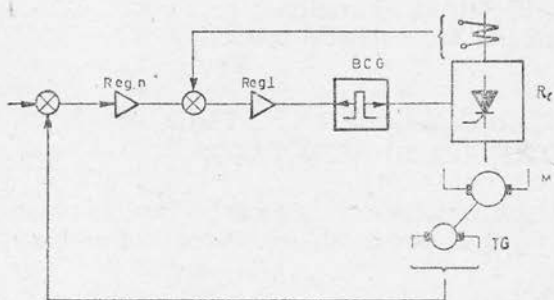


Fig. 29.15. Schema de principiu a unui convertizor nereversibil:

Reg. n — regulator de turație; *Reg. I* — regulator de curent; BCG — bloc de comandă pe grilă; *Rc* — redresor comandat; *M* — motor; TG — tahogenerator.

În figura 29.16 se prezintă schema de principiu a convertizoarelor reversibile de tip CPTR cu deplasarea impulsurilor care prevede două blocuri BCG care comandă cele două punți redresoare.

În figura 29.17 se prezintă schema de principiu a convertizoarelor de tip CPTR, care funcționează cu curenți de circulație.

Toate convertizoarele din figura 29.15, 29.16 și 29.17 sînt realizate în construcție

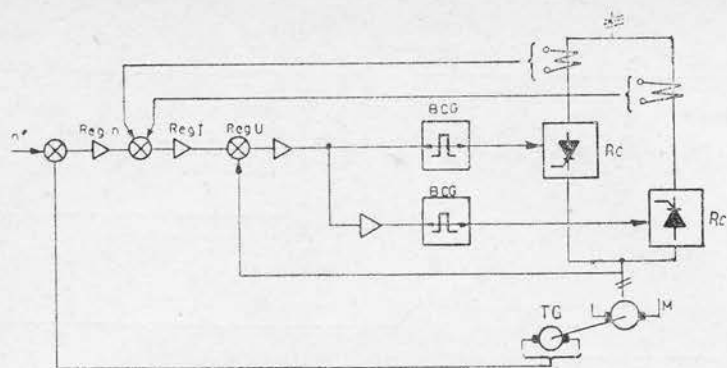


Fig. 29.16. Schema de principiu a unui convertizor reversibil cu deplasarea impulsurilor:

Reg n — regulator de turație; *Reg I* — regulator de curent; *Reg U* — regulator de tensiune; *BCG* — bloc de comandă pe grilă; *Rc* — redresoare comandate; *M* — motor; *TG* — tahogenerator.

modulară atât pe partea de forță, cât și pentru circuitele de alimentare, protecție și măsură.

Convertizoarele de putere de construcție modulară de tip CPT, CPTR sînt realizate pentru a acoperi trei game de curenți:

— seria de mică putere, cu gama tensiunilor de alimentare de 220 V, 380 V, 440 V, 475 V și 660 V, avînd la ieșire curenți cuprinși în gama (170 ... 520) A;

— seria de medie putere, cu gama tensiunilor de alimentare de 220 V, 380 V, 475 V, 825 V și 900 V, avînd la ieșire curenți cuprinși în gama (370 ... 1 550) A;

— seria de mare putere, în gama tensiunilor de alimentare de 220 V, 380 V, 475 V, 660 V, 825 V și 900 V, avînd la ieșire curenți cuprinși în gama (1 400 ... 1 500) A.

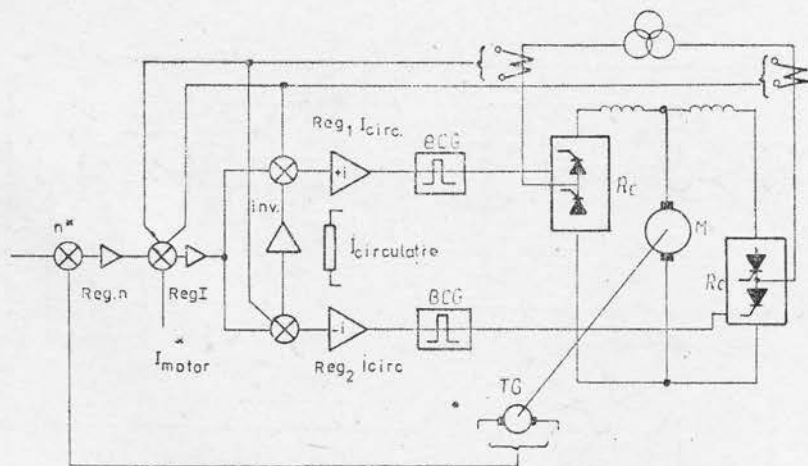


Fig. 29.17. Schema de principiu a unui convertizor reversibil, cu curenți de circulație:

Rc — redresoare comandate; *BCG* — bloc de comandă pe grilă; *Reg n* — regulator de turație; *Reg I* — regulator de curent; *M* — motor; *TG* — tahogenerator.

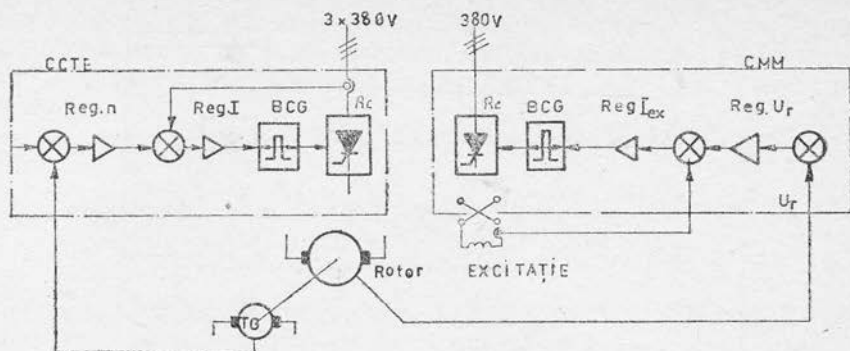


Fig. 29.18. Schema de principiu a unui sistem de comandă pentru un motor de curent continuu destinat acționării mașinilor-unelte.
 CCTE, CMM — tipuri de convertizoare statice; BCG — blocuri de comandă pe grilă;
 TG — tahogenerator; Rc — redresoare comandate; Reg n — regulator de turație;
 Reg I — regulator de curent; Reg I_{ex} — regulator curent de excitație.

Bucula de reglare a curentului (Reg. I) asigură pentru toate tipurile de convertizoare de curent continuu un suprareglaj de 20%.

Seria de convertizoare cu tiristoare pentru acționările principale ale mașinilor-unelte. Aceste convertizoare sînt destinate acționărilor principale ale mașinilor-unelte cu motor de curent continuu cu excitație separată. În aceste acționări, rolul convertizoarelor este de a alimenta indusul motorului de c.c. cu tensiune variabilă.

Schema bloc a acționării cu aceste convertizoare este reprezentată în figura 29.18.

Convertizoarele CCTE (fig. 29.18) și CCTS (fig. 29.19) corespund recomandărilor Comisiei Electrotehnice Internaționale (Publicația CEI 146).

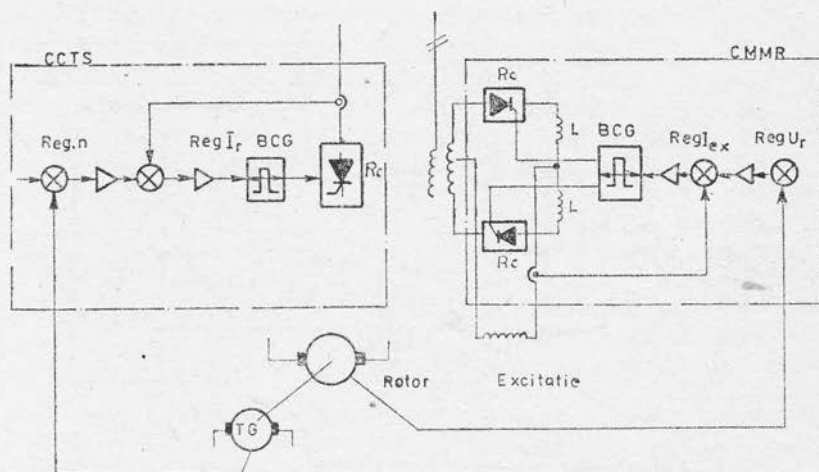


Fig. 29.19. Schema de principiu a unui sistem de comandă pentru un motor de curent continuu destinat acționării mașinilor-unelte;
 CCTS, CMMR — tipuri de convertizoare statice; BCG — blocuri de comandă pe grilă;
 TG — tahogenerator; Rc — redresoare comandate; L — bobine; Reg n — regulator de turație; Reg I — regulator de curent.

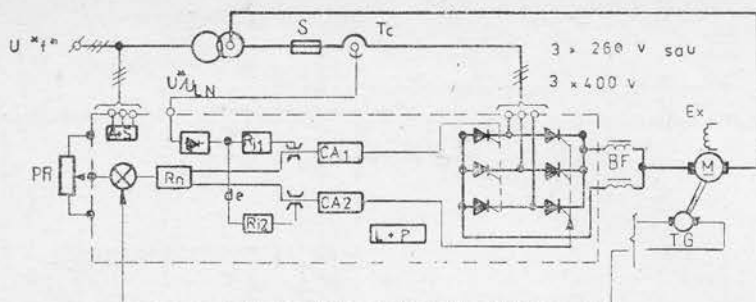


Fig. 29.20. Convertizor static cu tiristoare pentru acționarea reversibilă a avansurilor la mașinile-unelte:

U/U_{LN} — transformator de alimentare; S — siguranțe ultrarapide; T_c — transformator de curent; $A-S$ — alimentare și sincronizare; PR — potențiometrul de referință; R_n — regulator de turație; R_1, R_2 — reglatoarele de curent; CA_1, CA_2 — circuite de aprindere tiristoare; $L+P$ — logică și protecție; BF — bobine de filtrare; M — motor; Ex — excitație; TG — tahogenerator de curent continuu.

În acest sens, electronica internațională este modulară, sub formă de blocuri introduse în sertare rabatabile cu cuple priză. Tensiunea continuă de ieșire este variabilă de la circa 3,8 V la 380 V pentru utilizarea în patru cadrane (reversibil) sau la 440 V pentru utilizarea în schemă nereversibilă (fără frinare electrică recuperativă).

Curenții limită de durată ai convertizoarelor sînt: 170 A (pentru CCTS, la o putere nominală a motorului de 55 kW); 420 A (pentru CCTE, la o putere nominală a motorului de 117 kW); 630 A (pentru 630 A, la o putere nominală a motorului 125... 185 kW).

Seria de convertizoare statice cu tiristoare pentru diverse aplicații industriale. Din această serie se realizează în țară, la întreprinderea ELECTROTEHNICA-București:

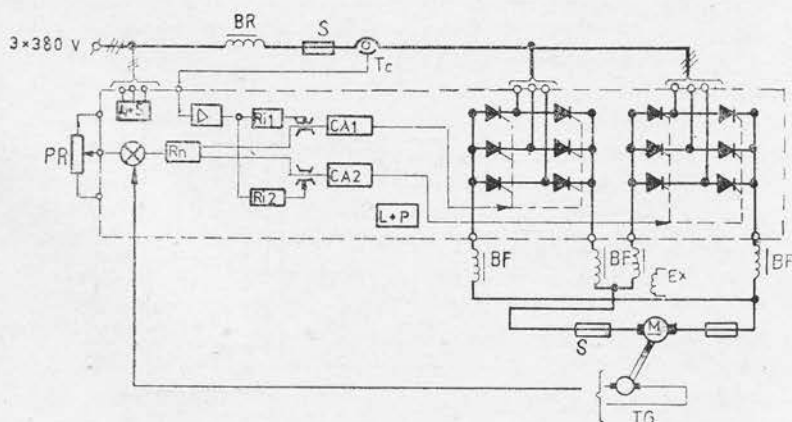


Fig. 29.21. Convertizor static cu tiristoare pentru acționarea reversibilă a mașinilor-unelte:

BR — bobină de rețea; S — siguranțe ultrarapide; T_c — transformator de curent; $A-S$ — alimentare și sincronizare; PR — potențiometrul de referință; R_n — regulator de turație; R_1, R_2 — reglatoarele de curent; CA_1, CA_2 — circuite de aprindere tiristoare; $L+P$ — logică și protecție; BF — bobine de filtrare; M — motor; Ex — excitație; TG — tahogenerator de curent continuu.

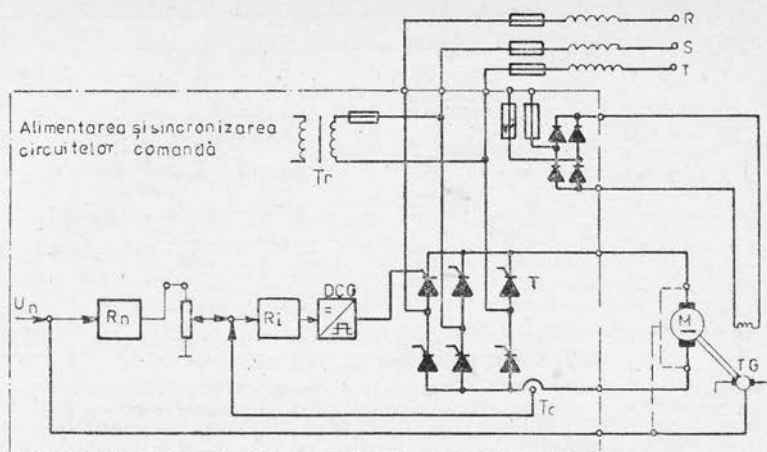


Fig. 29.22. Convertor static cu tiristoare pentru reglarea reversibilă a motoarelor de curent continuu:

R, S, T — faze de alimentare; Tr — transformator; R_n — regulator de turație; R_i — regulator de curent; DCG — dispozitiv de comandă pe grilă; T — tiristoare; M — motor de curent continuu; TG — tahogenerator; T_c — transformator de curent.

— convertizoare statice trifazate pentru acționări cu gamă largă de reglare a turației tip CMTR, destinate acționărilor electrice reversibile utilizate la avansurile mașinilor-unelte pentru poziționare, prelucrare liniară sau conturare (fig. 29.20 și fig. 29.21);

— convertizoare statice miniatură trifazate nereversibile tip CNT cu tiristoare destinate acționărilor electrice reglabile de curent continuu de uz general (fig. 29.22);

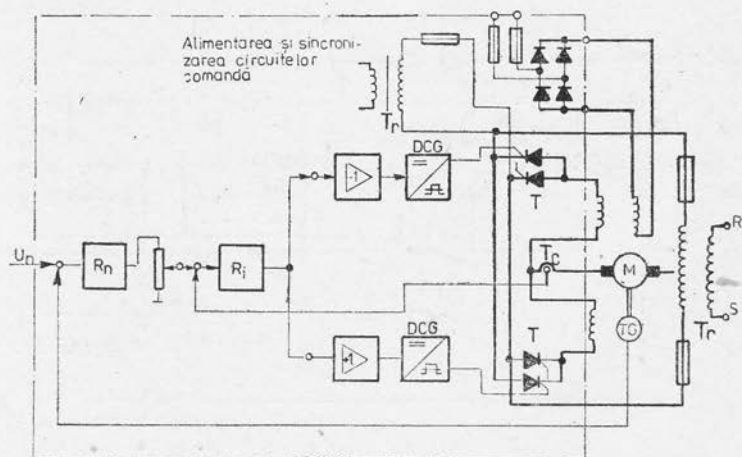


Fig. 29.23. Convertor static cu tiristoare pentru reglarea reversibilă a motoarelor de curent continuu și frinare recuperativă:

R_n — regulator de turație; R_i — regulator de curent; DCG — dispozitiv de comandă pe grilă; T — tiristoare; T_c — transformator de curent; M — motor de curent continuu; TG — tahogenerator; Tr — transformatoare.

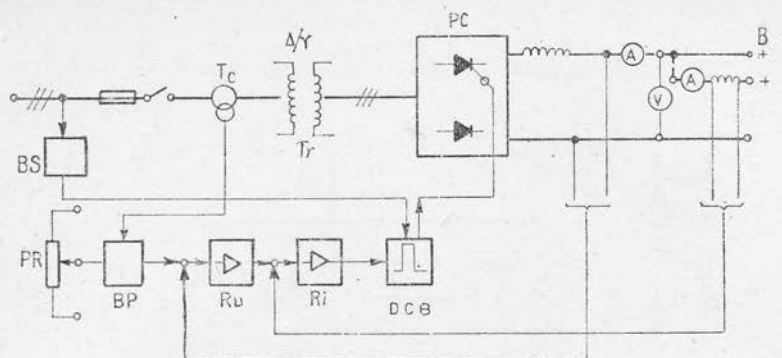


Fig. 29.24. Sistem de comandă cu redresoare cu stabilizare automată de tensiune pentru funcționarea în tampon și încercarea bateriilor de acumulator:

Tc — transformator de curent; Tr — transformator de putere; PC — punte trifazată de comandă; B — baterie; B_s — bloc de sincronizare; PR — potențiometru de referință; BP — bloc de protecție; Ru — regulator de tensiune; Ri — regulator de curent; DCG — dispozitiv de comandă pe grilă.

— convertizoare statice de tip CMMR destinate reglării reversibile a turației motoarelor electrice de curent continuu cu frinare electrică recuperativă (fig. 29.23);

— convertizoare statice miniatură monofazate nereversibile tip CMM pentru acționări electrice reglabile de curent continuu de uz general;

— convertizoare statice de frecvență pentru acționarea motoarelor asincrone trifazate.

Seria de redresoare cu stabilizare automată de tensiune pentru funcționarea în tampon și încărcarea bateriilor de acumuloare. Aceste redresoare sînt destinate pentru funcționarea în centrale și stații electrice, cu scopul alimentării în curent continuu a unor consumatori. Ele funcționează numai în tampon cu o baterie de acumuloare, asigurînd atît încărcarea permanentă a bateriei (în timpul funcționării în tampon sau în rezervă), cît și încărcarea ocazională. Schema bloc a acestor redresoare (seria de 110 V și 220 V) este reprezentată în figura 29.24, iar schema de principiu este reprezentată în figura 29.25.

Seria de redresoare de mare putere pentru electrochimie și metalurgie. Aceste redresoare produse de întreprinderea „ELECTROTEHNICA”-București, pot redresa curenți avînd intensitatea de (3—20) kA; puterile în curent continuu a redresoarelor sînt de ordinul (72...900) kW.

Echipamente de reglare a turației motoarelor asincrone cu inele prin cascada subsincronă. Aceste echipamente produse de întreprinderea „ELECTROTEHNICA”-București permit reglarea automată fără pierderi a turației motoarelor asincrone cu inele. Reglajul se realizează introducîndu-se o tensiune suplimentară în rotor prin intermediul unui convertizor static compus dintr-un inverter, cu tiristoare legate la rețea și un redresor cu diode cu siliciu conectat în rotorul motorului. Instalația asigură reglarea turației în limitele dorite și limitarea curentului în sistemul de acționare.

Avantajul acestui sistem de reglare constă în posibilitatea recuperării la rețea a energiei electrice din rotor.

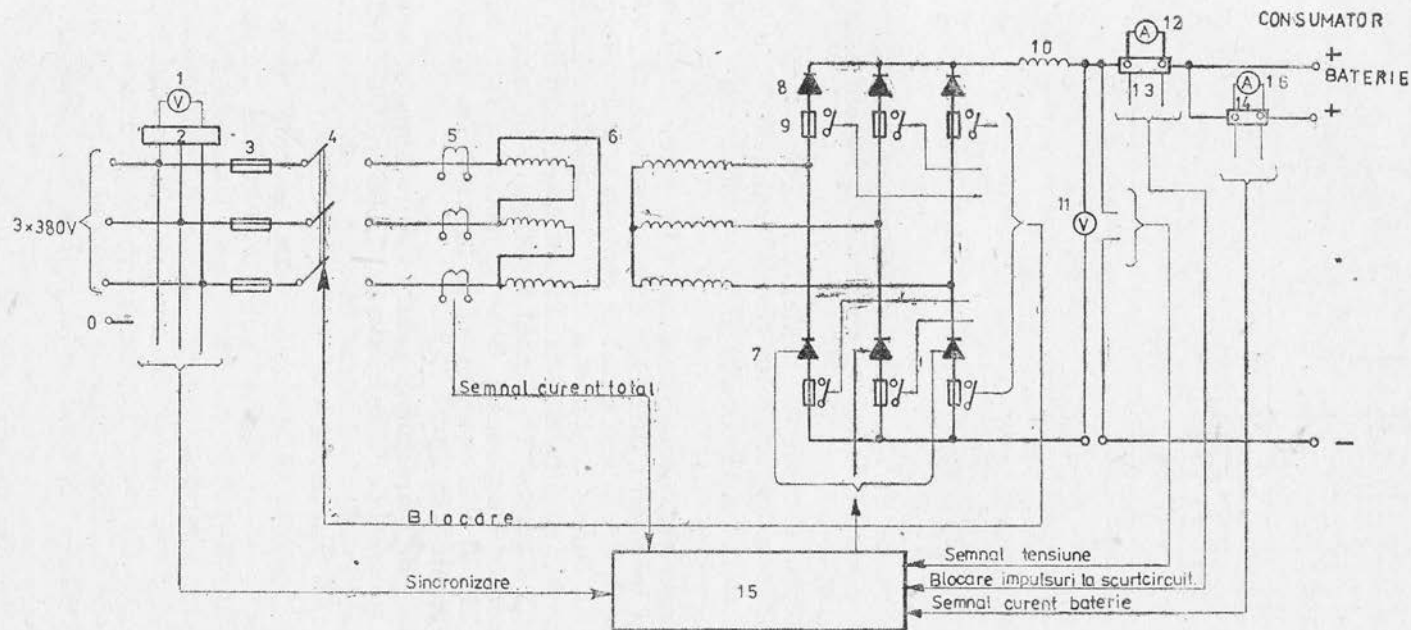


Fig. 29.25. Schema de principiu a redresoarelor din seria 110 V și 220 V:

1 — voltmetru rețea; 2 — comutator voltmetric; 3 — siguranțe de intrare; 4 — contactor de alimentare; 5 — transformatoare de curent; 6 — transformator de forță; 7 — tiristoare de putere; 8 — diode de putere pentru protecția tiristoarelor; 9 — siguranțe ultrarapide pentru protecția tiristoarelor și diodelor; 10 — bobina de filtrare; 11 — voltmetru pentru măsurarea tensiunii la ieșire; 12 — ampermetru pentru măsurarea curentului de ieșire; 13 — șunt pentru curentul de ieșire; 14 — șunt pentru curentul de baterie; 15 — blocul de comandă, reglare și protecție; 16 ampermetru pentru măsurarea curentului bateriei.

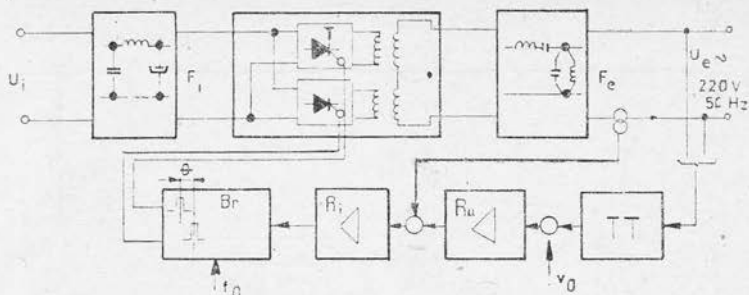


Fig. 29.27. Schema bloc a invertorului:

F_i — filtru de intrare; T — tiristoare; F_e — filtru de ieșire; BC — bloc de comandă; R_i — regulator de curent; R_u — regulator de tensiune; TT — traductor de tensiune.

Performanțele de regim staționar și dinamic sînt echivalente cu acelea ale unei instalații de acționare nereversibile cu tiristoare a unui motor de curent continuu, factorul de putere fiind însă mai scăzut. Acest dezavantaj se poate înlătura utilizîndu-se baterii de condensatoare statice în stația de alimentare.

Schema bloc a sistemului de reglare a turației motorului asincron cu inele prin cascadă subsincronă cu tiristoare este reprezentată în figura 29.26, *a*, *b*.

Seria de invertoare monofazate. Aceste invertoare fabricate de întreprinderea „ELECTROTEHNICA” — București, transformă tensiunea continuă în tensiune alternativă de mărime și frecvență dorită.

Schema bloc a invertoarelor este reprezentată în figura 29.27, în care F_i este un filtru de intrare, iar F_e filtru de ieșire. Invertoarele asigură stabilizarea tensiunii alternative de ieșire la valoarea de $220 \text{ V} \pm 2\%$ și stabilizarea frecvenței de $50 \text{ Hz} \pm 1\%$. Ele pot avea două regimuri de funcționare: permanent sau ca sursă de rezervă a rețelei.

29.9. ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA INSTALAȚIILOR INDUSTRIALE ECHIPATE CU MUTATOARE

Avîndu-se în vedere concepția și construcția modulară a instalațiilor industriale cu mutatoare, așa cum au fost prezentate, reiese că întreținerea și repararea lor revine la:

- înlocuirea modulelor electronice defecte, operație posibilă prin aceea că aceste module constituie piesa de schimb și de rezervă asigurate de către întreprinderea producătoare de instalații electronice cu mutatoare;

- întreținerea mecanică și ungerea în conformitate cu planurile de revizie reparație și lubrifiere a părților mecanice ale instalațiilor;

- întreținerea și repararea motoarelor electrice, transformatoarelor și aparatelor de comandă, măsură și protecție, de asemenea, conform planurilor de întreținere și reparație întocmite în acest scop de către compartimentul mecano-energetic al întreprinderilor industriale.

RECOMANDĂRI DE PROTECȚIE A MUNCII ȘI TEHNICĂ A SECURITĂȚII LA INSTALAȚIILE ȘI ECHIPAMENTELE ELECTROMECHANICE

Normele de protecție a muncii cuprind norme de igienă a muncii și norme de tehnică a securității muncii. Ele se referă atât la lucrările ce se efectuează în cadrul operațiilor procesului tehnologic, cât și la condițiile generale de lucru (încăperi, căi de acces etc.).

30.1. PROBLEME GENERALE PRIVIND PROTECȚIA ÎMPOTRIVA ACCIDENTELOR DATORITE CURENTULUI ELECTRIC

Măsurile de protecție împotriva accidentelor datorite curentului electric trebuie să prevină electrocutările prin atingerea directă sau indirectă, arsurile, incendiile, exploziile și alte distrugeri care pot fi provocate de arcul electric.

Electrocutarea se produce ca urmare a trecerii unui curent electric prin corpul omului. Electrocutarea poate avea diferite aspecte: zguduiri, comotii, pierderea temporară a auzului și vocii, oprirea inimii sau a respirației. Sistemul nervos este afectat în special prin influența negativă asupra aparatului respirator, avînd drept consecințe încetarea respirației. Inima este influențată prin apariția fenomenului de fibrilație (contractări și destinderi foarte rapide ale fibrelor mușchiului inimii), care duce în final la încetarea funcționării ei. Factorii de care depinde acțiunea curentului electric asupra organismului sînt: intensitatea curentului, electric; durata acțiunii curentului asupra corpului omenesc; traseul curentului prin corp; frecvența curentului; starea psihică și fiziologică a omului.

Ca limite superioare ale curentului electrice nepericulos se consideră valorile de 10 mA (valoarea efectivă) curent alternativ la frecvența industrială (50 Hz) și 50 mA curent continuu. Timpul suficient pentru evitarea unei electrocutări grave se consideră sub 0,2 s.

Pericolul de electrocutare crește considerabil cu durata de acțiune a curentului. De aceea, rapiditatea intervenției pentru scoaterea de sub tensiune a persoanelor electrocutate prezintă o importanță deosebită.

Valoarea curentului care se stabilește prin corpul omenesc depinde de valoarea tensiunii la care este supus omul și de valoarea rezistenței electrice a corpului acestuia. Rezistența corpului omenesc depinde de starea lui; la o piele intactă și uscată, rezistența corpului omenesc este 40 000—100 000 Ω , putînd ajunge la 500 000 Ω . În stare de umezeală sau de leziuni ale pielii, rezistența scade pînă la 750—1 000 Ω .

Traseele cele mai periculoase de trecere a curentului electric prin corpul omenesc sînt cele prin inimă (circuitul mîna stîngă — mîna dreaptă sau circuitul mîna-picior) și prin locurile de mare sensibilitate nervoasă (cap, abdomen, torace etc.).

Frecvențele cele mai periculoase din punctul de vedere al efectelor fiziologice ale curentului electric sînt cele cuprinse între 40 și 60 Hz. Curenții de frecvență foarte mare, peste 400 Hz nu sînt periculoși.

S-a constatat că șocul electric (electrocutarea) este mult mai puternic dacă omul se află în stare de oboseală fizică sau nervoasă, ori este în stare de ebrietate.

30.2. MĂSURI TEHNICE ȘI ORGANIZATORICE CU CARACTER GENERAL PENTRU ASIGURAREA PROTECȚIEI MUNCII ÎN INSTALAȚIILE ELECTRICE

Pentru a se evita orice posibilitate de pericol, se iau următoarele măsuri organizatorice și tehnice: precizarea condițiilor în care urmează să se lucreze; pregătirea și admiterea la lucru, supravegherea în timpul lucrărilor; încheierea lucrărilor și repunerea în funcțiune a instalațiilor.

Cea mai utilizată măsură este aceea a precizării tuturor condițiilor de pregătire a lucrărilor și de execuție a lor, printr-un act scris. Acesta cuprinde componența și calificarea echipei de lucru, instalațiile în care trebuie să se lucreze, data și ora începerii și terminării lucrărilor, ce lucrări trebuie executate și ce măsură de protecție a muncii trebuie luate.

După întocmirea actului se instruește echipa și se începe lucrul.

Esențial este întotdeauna respectarea unei discipline perfecte cu privire la modul de pregătire și de execuție a lucrărilor.

Fazele principale sînt:

- scoaterea din funcțiune a instalațiilor respective, în care caz trebuie respectat principiul separării vizibile a instalațiilor care rămîn în funcție față de cele la care urmează a se lucra;

- verificarea lipsei de tensiune, obligatorie în orice condiții, cu ajutorul indicatoarelor de tensiune;

- scurtcircuitarea instalațiilor și legarea lor la pămînt. O instalație se poate considera ca fiind scoasă de sub tensiune, numai atunci cînd este scurtcircuitată și legată la pămînt cu toate fazele, barele sau conductoarele de care dispune;

- delimitarea zonelor de lucru față de zonele protejate prin mijloacele de protecție constînd în îngrădiri, împrejmuiri, semnalizări și utilizarea mijloacelor de protecție cu rol de avertizare și semnalizare vizuală, cu scop de interdicție, admitere, reamintire sau marcare a locurilor periculoase;

- utilizarea mijloacelor de protecție electroizolante sau de protecție, corespunzător operațiilor care urmează a fi efectuate. Mijloacele de protecție electroizolante au rolul de a evita contractul direct dintre persoana care acționează și instalația electrică aflată sau considerată sub tensiune;

- aceste mijloace de protecție sînt: prăjinile izolante, cleștii electroizolanți, cismele și șoșonii electroizolanți, platformele și covorașele electroizolante, mănușile electroizolante, precum și sculele cu minere izolante;

- respectarea unei tehnologii de execuție bine definită, asigură condițiile maxime pentru înlăturarea posibilităților de accidentare în timpul lucrului propriu-zis.

30.3. RECOMANDĂRI SPECIFICE DE PROTECȚIE A MUNCII ȘI PREVENIRE A INCENDIILOR LA LUCRĂRILE DE ÎNTREȚINERE ȘI REPARARE A UTILAJELOR ELECTROMECHANICE

30.3.1. PENTRU MAȘINI ELECTRICE

Executarea lucrărilor de întreținere și reparație la mașinile electrice se va face, de regulă, când acestea sînt oprite.

Înainte executării oricăror lucrări de reparații la partea mecanică a unui motor electric sau la mecanismul acționat de către acesta, se va opri motorul, se va realiza o separație de lucru vizibilă, care se va bloca, iar pe dispozitivul de acționare (separator, întreruptor, heblu, automat etc.) se va monta un indicator de interzicere: „*Nu închideți! Se lucrează*”. De asemenea, se vor lua măsuri pentru a se împiedica rotirea motorului produsă de către mașina pe care acesta o acționează (pompă, ventilator etc.). În acest scop se recomandă a se închide și bloca vanele respective pe care se vor monta indicatoare de interzicere: „*Nu închide! Se lucrează*”.

La motoarele electrice protejate numai prin siguranțe și care nu au alte elemente de separație în fața acestora, înainte de începerea lucrărilor se vor demonta aceste siguranțe și se vor monta în locul lor capace de siguranțe, fără fuzibile, vopsite în roșu. În cazul în care locul de separare se găsește în altă încăpere, în mod suplimentar se va deconecta cablul de alimentare de la bornele motorului și se vor asigura conductoarele acestuia cu degetare de cauciuc sau se vor scurtcircuita.

Ajustarea și șlefuirea colectoarelor sau inelelor mașinilor electrice, schimbarea periilor uzate, se va executa numai de persoane calificate și instruite special pentru aceste lucrări, avînd obligația utilizării ochelariilor de protecție și mănușilor electroizolante, atunci când mașina este în rotație.

În cazul când aceste operații sînt făcute de către femei, acestea trebuie să fie îmbrăcate în șalopete și să aibă părul legat.

Pentru remedierea incendiilor, în exploatare se vor controla periodic curentul absorbit de motor și temperatura lagărelor, iar pentru motoarele mari se va controla temperatura aerului la intrare și la ieșire, precum și temperatura fierului și a cuprului înfășurărilor.

La fiecare oprire a mașinilor cu colector și inele colectoare, acestea vor fi suflate cu aer comprimat uscat și se vor șterge cu cîrpe pentru îndepărtarea prafului de cărbune și a uleiului.

În zona din jurul mașinilor electrice răcite cu hidrogen pe o distanță de minimum 5 m va fi strict interzisă folosirea flăcărilor deschise (sudura, polizarea, aprinderea chibritului, fumatul).

În cazul izbucnirii unui incendiu în motor sau dacă în timpul funcționării se observă încălzirea puternică a statorului sau a lagărelor, miros de ars, fum etc., motorul va fi deconectat de la rețea și la nevoie se vor utiliza stingătoarele cu praf dielectric; nu se admite stingerea motoarelor cu jet compact de apă.

30.3.2. PENTRU TRANSFORMATORE ELECTRICE

Nu este permisă intrarea în boxele transformatoarelor sau în interiorul îngrădirilor acestora a persoanelor străine de instalație, iar atunci când se

execută lucrări de reparații, transformatoarele vor fi scoase de sub tensiune, iar dispozitivele de acționare ale separatoarelor și întreruptoarelor vor fi blocate în poziția deschis.

În timpul funcționării transformatoarelor este interzisă cu desăvârșire urcarea persoanelor pe acestea.

Pericolul de incendiu la transformatoare constă în aceea că uleiul se descompune la apariția unui arc electric, iar gazul rezultat în contact cu aerul, în proporție de 8—40%, este exploziv.

În exploatare se vor controla periodic nivelul uleiului în conservator, starea de curățenie și etanșeitatea cuvei, starea instalațiilor de ventilație (pompe de ulei, pompe de apă, ventilatoare de aer), precum și temperatura uleiului în straturile superioare, care nu este admis să depășească 95°C.

În caz de scurgeri de ulei în afara căilor de evacuare a uleiului și a patului de balast special prevăzut, uleiul va fi acoperit cu nisip.

Stingerea începuturilor de incendiu în apropierea sau la transformatoare se va face prin scoaterea transformatorului de sub tensiune și localizarea și stingerea incendiului folosindu-se toate mijloacele de stingere din dotare (stingătoare cu spumă chimică, apă pulverizată etc.).

30.3.3. PENTRU ÎNTRERUPTOARE ELECTRICE

Întreruptoarele electrice vor fi reparate numai după ce ele vor fi separate vizibil față de instalația sub tensiune, prin scoaterea siguranțelor de forță și de comandă și prin deschiderea și blocarea separatelor în poziția deschis.

Repararea și revizia instalațiilor montate pe cărucioare se va executa numai cu căruciorul scos din celulă.

Pe cheile de comandă, pe ventilele de comandă și pe robinetele de admisie a aerului comprimat se vor monta indicatoare de interzicere: „Nu deschide! Se lucrează”.

În cazul lucrărilor pe linie (LEA sau LES), în celula de alimentare a acestora, se vor monta pe dispozitivele de acționare ale separatorului de linie indicatoare de interzicere: „Nu închideți. Se lucrează pe linie”. În cazul liniilor care au posibilitatea de a fi alimentate din două sau mai multe celule, se vor asigura măsurile tehnice și organizatorice pentru evitarea punerii sub tensiune greșită sau întâmplătoare a liniei, din toate aceste surse.

Pericolul de incendiu la instalațiile electrice de distribuție îl constituie echipamentele care conțin ulei sau au izolația combustibilă. De aceea este interzisă funcționarea acestora peste curentul maxim admisibil și în special dacă caracteristicile lor tehnice nu mai corespund condițiilor de funcționare în regim de scurtcircuit ($P_{sc\text{ reală}} > P_{sc}$ care poate apărea în instalație).

Nivelul uleiului în întreruptoare se va menține în limitele prescrise.

Pentru stingerea incendiilor în instalațiile electrice de distribuție, se vor folosi stingătoarele manuale cu CO₂, cu praf și CO₂, iar pentru ulei, stingătoarele cu spumă. În prealabil se vor scoate de sub tensiune atât instalația cuprinsă de incendiu, cât și instalațiile vecine periclitare.

30.3.4. PENTRU MAȘINI-UNELTE

Toate transmisiile (roți, dințate, curele, lanțuri etc.) se vor proteja cu carcase metalice rezistente, turnate sau confecționate din tablă, plasă de sirmă și materiale plastice rezistente la șoc.

Mașinile-unelte așchietoare vor fi prevăzute cu dispozitive de protecție împotriva așchiilor (ecrane cu geam din sticlă securizată etc.).

Înlăturarea așchiilor de pe mașinile-unelte se va face cu ajutorul periiilor speciale sau cârligelor. Înlăturarea așchiilor cu mâna este interzisă.

La strunguri, universale și platourile de prindere trebuie să fie bine fixate pe axul principal și asigurate împotriva deșurubării la inversarea sensului de rotație a axului principal.

La mașinile de găurit și de alezat, burghiul sau alezorul, introdus în capul axului principal sau în mandrină, trebuie să fie centrat corect și bine fixat. Este interzisă frînarea cu mâna a axului portmandrină sau portburghiu, la oprirea mașinii. Ținerea piesei de prelucrat cu mâna este cu desăvârșire interzisă.

Frezele trebuie să fie prevăzute cu apărători sau cu îngrădiri, în jurul mesei mașinii. Fixarea pieselor pe masa mașinii se va face cu ajutorul unor dispozitive speciale sau în menghine.

La amplasarea rabotezelor și mașinilor șeping, se va prevedea un spațiu de trecere între cursa maximă a mesei rabotezei, respectiv a berbecului mașinii-șeping și altă zonă de lucru sau un perete, de cel puțin 700 m. Zona cursei maxime a mesei va fi prevăzută cu îngrădiri de protecție.

Mașinile de rectificat și polizoarele fixe trebuie să fie prevăzute cu ecrane de protecție pentru protejarea muncitorilor împotriva particulelor care se desprind în timpul prelucrării pieselor. Acționarea mașinii de polizat nu trebuie să fie posibilă decât dacă ecranul respectiv se găsește în poziția de lucru.

În toate cazurile, efectuarea de lucrări de reparații la mașinile-unelte se va face numai după ce mașina a fost oprită, motoarele electrice de acționare au fost scoase de sub tensiune, iar dispozitivele de acționare au fost blocate pentru a nu se putea repune în funcțiune mașina pe perioada lucrărilor de reparație.

30.3.5. PENTRU MAȘINI DE RIDICAT ȘI TRANSPORTAT

Toate instalațiile de ridicat vor fi exploatate în conformitate cu normele în vigoare ale Inspectoratului de Stat pentru Controlul Instalațiilor de Ridicat (ISCIR).

Este interzisă manipularea instalațiilor de ridicat de către persoane neautorizate.

Este interzisă circulația sau staționarea personalului sub sarcinile suspendate în instalațiile și dispozitivele de ridicat. Sarcina maximă admisibilă se va afișa la locul de muncă, pe o tăbliță pe care se scrie cu litere de tipar și cifre, având o înălțime de minimum 10 cm și o lățime de minimum 5 cm cu vopsea pe fond alb.

Toate macaralele mobile vor fi prevăzute cu dispozitive acustice de semnalizare, acționate electric sau mecanic, în perfectă stare de funcționare și corespunzând condițiilor speciale de lucru.

Se interzice balansarea greutăților prinse de cârligul macaralei.

Se interzice categoric tirirea încărcătoarelor cu ajutorul cîrligului mecanismului de ridicat.

La terminarea sau întreruperea operațiilor de lucru nu se permite ca sarcina să rămînă în poziție suspendată.

Verificarea și repararea instalațiilor de ridicat și transportat se va face numai după ce s-a scos de sub tensiune instalația electrică de acționare.

Este interzis să se lucreze cu macaralele și podurile rulante defecte.

Nu se admite înădirea cablurilor purtătoare de sarcini.

Pentru stingerea incendiilor, în cabina aparatelor de ridicat se va găsi un stingător și o lădiță cu nisip. În caz de incendiu, nu se va acționa decît după ce s-a întrerupt curentul electric.

Se interzice depozitarea în cabină a materialelor inflamabile (benzină, motorină, petrol, ulei, cîrpe, scînduri etc.), care ar putea favoriza incendiile.

30.3.6. PENTRU POMPE, VENTILATOARE, COMPRESOARE

În timpul funcționării pompelor, ventilatoarelor și compresoarelor, organele exterioare în mișcare (curele, roți dințate, cuplaje etc.) vor avea montate apărători de protecție.

Este interzisă curățirea sau ungerea organelor exterioare în mișcare, precum și introducerea mâinilor după apărătoarele de protecție.

Pentru ștergerea părților fixe ale mecanismelor rotative în funcțiune este interzisă înfășurarea pe mâini sau pe degete a materialului de ștergere.

Persoanele care au în sarcina lor deservirea mecanismelor rotative, vor purta îmbrăcăminte strînsă pe corp, pentru a preîntîmpina eventualitatea prinderii de către organele în mișcare.

Este interzisă efectuarea de lucrări de întreținere și reparații la mecanismele rotative în timpul funcționării acestora.

Ungerea unui compresor în funcțiune este permisă numai cînd la acesta există dispozitive care asigură complet protecția executantului.

Pentru prevenirea incendiilor la pompe, ventilatoare și compresoare se va asigura ungerea și răcirea corespunzătoare a lagărelor acestor agregate. Totodată, se va menține o curățenie exemplară, iar scurgerile de ulei vor fi înlăturate de îndată ce ele apar.

30.3.7. PENTRU REDRESOARE ELECTRICE

Prin măsurile de tehnica securității muncii care trebuie să se ia pentru lucrul în instalațiile cu redresoare, se urmărește evitarea accidentelor prin electrocutare și a îmbolnăvirilor profesionale prin intoxicarea cu mercur (la redresoarele cu mercur).

În încăperile în care se află aparate sau dispozitive care conțin mercur sau în care se execută lucrări cu mercur trebuie să se facă analiza aerului cel puțin de două ori pe an (una în timpul verii) pentru a se cunoaște dacă aerul conține vapori de mercur.

Este interzis categoric muncitorilor care execută lucrări cu mercur să ia mercurul cu mîna sau să provoace diferențe de presiuni în aparate prin aspirația sau suflarea aerului cu gura.

Muncitorii care execută lucrări cu mercur trebuie să fie supuși examenului medical cel puțin o dată la trei luni.

Toate încăperile în care se execută operații cu mercur trebuie să fie prevăzute cu o instalație de ventilație și nișă.

30.3.8. PENTRU ACUMULATOARE ELECTRICE

Lucrările la bateriile de acumulate se execută de către personal special pregătit.

Echipamentul de protecție pentru deservirea acumulate se compune din: costume de postav (lână); șorț de cauciuc; mănuși de cauciuc; cisme sau galoși de cauciuc; ochelari de protecție; mască de protecție.

Repararea electrolitului (acid sulfuric) se face prin turnarea acidului cu câni de sticlă de 1,5—2 litri în vasul cu apă distilată. Nu se va turna niciodată apă peste acid la prepararea electrolitului.

În timpul lucrului cu plăcile de plumb, precum și în timpul formării bateriei sau a elementelor separate, purtarea măștii este obligatorie.

Lucrările la o baterie de acumulate care necesită folosirea flăcării pentru lipirea plăcilor nu vor începe mai devreme de două ore după terminarea încărcării sau a regimului de descărcare din ciclul încărcare-descărcare a bateriilor tampon.

Pentru prevenirea incendiilor pe ușile camerelor de acumulate se pune un indicator de securitate conform STAS 297/1-80: „Nu intrați cu foc!”, în interiorul camerelor de acumulate se prevăd inscripții conform STAS 297/2-80: „Fumatul și focul strict interzise, pericol de explozie!”. Cu ocazia încărcărilor se va evita depășirea tensiunii de 2,7 V/element, la care începe degajarea intensă de gaze. Ventilația mecanică trebuie să fie în funcțiune pe toată perioada încărcării și încă la cel puțin 1,5 ore după terminarea acesteia.

Corpurile de încălzit din camerele de acumulate nu vor fi incandescente, nu vor produce scînteii și nu vor avea temperaturi proprii mai mari de 200°C.

30.3.9. PENTRU INSTALAȚIILE DE AMELIORARE A FACTORULUI DE PUTERE ($\cos \varphi$)

Compensatoarele aflate în turăție, chiar dezexcitate, trebuie considerate ca fiind sub tensiune. Se interzice stingerea sau executarea lucrărilor în circuitele compensatorului aflat în turăție, cu excepția măsurărilor și încercărilor.

Înainte de efectuarea oricăror lucrări de condensatoarele statice, bornele acestora se vor descărca de sarcină electrică printr-o legătură conductoare la pământ.

30.3.10. PENTRU CABLURI ELECTRICE

La lucrările de reparații ale cablurilor aflate în exploatare, inclusiv la lucrările de reparații ale manșoanelor și cutiilor terminale ale acestor cabluri, se vor respecta următoarele:

- cablul trebuie să fie identificat pe traseu, la locul lucrării;
- verificarea lipsei de tensiune, chiar în punctul de lucru;

— tăierea cablurilor se execută cu un ferăstrău metalic legat la pământ, iar executantul se va așeza pe un covoraș de cauciuc și va purta cisme electroizolante, mănuși de cauciuc electroizolante și ochelari de protecție;

— persoanele care efectuează turnarea masei izolante pentru manșoane sau cuitile terminale, precum și încălzirea, manevrarea și transportul vasului cu aliaj de lipit și persoanele care execută lipirea, vor purta mănuși din pânză de cort și ochelari de protecție.

Principalele cauze ale incendiilor în gospodăriile de cabluri sînt: defecte interioare ale cablurilor, supraîncălzirea acestora, căderi peste cabluri ale materialelor incandescente, apropierea de surse exterioare de căldură etc. Toate cablurile normale se consideră combustibile.

La efectuarea lucrărilor cu flacăra deschisă în apropierea cablurilor, se vor lua măsuri pentru protejarea acestora contra efectului flăcărilor, arcului sau al particulelor incandescente și a transmiterii de căldură, avînd la îndemînă mijloace pentru stingerea incendiilor. Atît la locul de lucru, cît și în interiorul clădirilor, tunelurilor și puțurilor de cabluri este obligatorie păstrarea curăteniei exemplare.

Pentru stingerea incendiilor în gospodăriile de cabluri se va folosi instalația fixă de apă pulverizată, stingătoarele portabile cu bioxid de carbon și praf, zăpadă carbonică sau alte substanțe dielectrice, ca nisip etc. Intervenția rapidă este deosebit de importantă. Cablurile pentru care există pericolul de a fi cuprinse de incendiu vor fi scoase de sub tensiune. Pentru a intra în poduri de cabluri cuprinse de incendiu, se vor utiliza măști de gaze și aparate autonome de respirat, iar dacă mai sînt cabluri care nu au fost scoase de sub tensiune, se vor utiliza mănuși și cizme electroizolante; de asemenea, este indicat a se purta și costume din țesătură de asbest.

30.3.11. PENTRU CUPTOARE DE TRATAMENTE TERMICE

Cuptoarele vor fi prevăzute cu dispozitive de protecție contra radiațiilor termice (perdele umede): perdele de apă, uși răcite cu apă, cu dușuri de aer, paravane etc.

La cuptoarele electrice se vor lua măsuri de protecție împotriva electrocutărilor; orice defecțiune electrică se va remedia imediat numai de către electricianul de serviciu.

Cuptoarele electrice de tratament termic vor fi prevăzute cu întrerupătoare care să taie alimentarea cu energie electrică, în momentul deschiderii ușii cuptorului respectiv.

Muncitorii care lucrează manual la cuptoare trebuie să folosească clești suficient de lungi și mănuși ignifuge, pentru evitarea arsurilor în contact cu piesele calde. De asemenea, trebuie să poarte ochelari de protecție, precum și întregul echipament de protecție prevăzut în normativul în vigoare.

Muncitorilor, care sînt expuși riscurilor de intoxicare lentă, li se vor acorda alimentații de protecție, conform normativului în vigoare, iar celor expuși temperaturilor înalte, li se va acorda apă carbogazoasă sărată.

Păstrarea și consumarea alimentelor, fumatul etc. sînt strict interzise în atelierele de tratament termic.

Atelierele de tratament termic vor fi prevăzute cu utilajul și materialele necesare stingerii incendiilor, corespunzătoare caracteristicilor substanțelor care se utilizează.

ANEXA

VERIFICAREA CARACTERISTICILOR TRANZISTOARELOR ȘI MĂSURAREA PARAMETRILOR ACESTORA

A.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Performanțele dispozitivelor și aparatelor cu tranzistoare, care fac parte din componența echipamentelor și instalațiilor electromecanice, din sistemele de comandă, semnalizare și telemăsurări ale acestora, depind în mare măsură de caracteristicile funcționale și de parametrii tranzistoarelor.

De aceea se impune cunoașterea și verificarea periodică, prin măsurări, a caracteristicilor și parametrilor funcționali ai tranzistoarelor, dependenți atât de frecvență, cât și de regimul termic al echipamentelor electromecanice și a mediului ambiant.

Tranzistorul poate fi reprezentat printr-un cuadripol liniar activ în care intrarea și ieșirea au o bornă comună (fig. A.1).

Între cele patru mărimi electrice ale cuadripolului de curent alternativ u_1 , i_1 , u_2 și i_2 există relații bine determinate, exprimate prin ecuațiile de funcționare ale acestuia. În acest context se cunosc șase moduri posibile de alegere a variabilelor independente, cărora le corespund șase sisteme diferite de ecuații, fiecare sistem fiind caracterizat prin patru parametri cunoscuți sub denumirea de parametri de cuadripol. Dintre aceste sisteme cel mai utilizat este sistemul cu parametri hibridi (h) și anume:

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= h_{11} i_1 + h_{12} i_2 \\ i_2 &= h_{21} i_1 + h_{22} i_2 \end{aligned} \right\} \quad (\text{A.1})$$

iar în domeniul frecvențelor înalte se utilizează sistemul de ecuații cu parametri în y și anume:

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= y_{11} U_1 + y_{12} i_2 \\ i_2 &= y_{21} u_1 + y_{22} i_2 \end{aligned} \right\} \quad (\text{A.2})$$

Parametrii de cuadripol ai tranzistoarelor depind de temperatură și de punctul static de funcționare. În general ei variază cu frecvența, fiind mărimi complexe.

La frecvențe joase parametrii tranzistoarelor pot fi considerați ca mărimi reale, independente de frecvență.

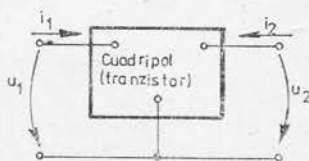


Fig. A.1. Schema echivalentă a unui tranzistor reprezentată printr-un cuadripol:

u_1 , u_2 — tensiunile de intrare și ieșire; i_1 , i_2 — curenții de intrare și de ieșire.

Spre deosebire de parametrii naturali, parametrii de cuadripol depind de conexiunea în care este montat tranzistorul.

Între parametrii h și y există un ansamblu de corespondențe așa cum se arată în tabelul A.1.

Parametrii de cuadripol ai unui tranzistor, determinați prin măsurări sau din caracteristicile statice, pentru o anumită conexiune, pot fi luați ca bază pentru determinarea prin calcul a parametrilor în celelalte conexiuni. În acest sens, în tabelul A.2, se dau relații de trecere între parametrii h (cei mai curenți folosiți în joasă frecvență) în conexiunile EC și BC (de asemenea cele mai larg utilizate și valori tipice pentru acești parametri).

Parametrii h au următoarele semnificații:

$$h_{11} = \left. \frac{u_1}{i_1} \right|_{u_2=0} \quad - \text{ reprezintă impedanța de intrare cu ieșirea în scurtcircuit;}$$

$$h_{12} = \left. \frac{u_1}{u_2} \right|_{i_1=0} \quad - \text{ reprezintă factorul de transfer invers, în tensiune cu intrarea în gol (factor de reacție inversă);}$$

$$h_{21} = \left. \frac{i_2}{i_1} \right|_{u_2=0} \quad - \text{ reprezintă factor de transfer direct în curent, cu ieșirea în scurtcircuit (amplificarea directă în curent);}$$

$$h_{22} = \left. \frac{i_2}{u_2} \right|_{i_1=0} \quad - \text{ reprezintă admitanța de ieșire cu intrarea în gol.}$$

Deci parametrii hibridi h sînt diferiți din punct de vedere funcțional ei determinîndu-se atît prin măsurări în scurtcircuit cît și prin măsurări în gol.

În conexiunile BC și EC , parametrul h_{21} se notează și cu alte simboluri astfel:

$$h_{21b} = \frac{i_c}{i_e} = -\alpha; \quad h_{21e} = \frac{i_c}{i_b} = \beta. \quad (A.3)$$

Parametrii dinamici α și β sînt aproximativ egali cu parametrii statici sau de semnal mare α_0 și β_0 calculabili cu relațiile:

$$\alpha_0 = -\frac{I_c}{I_E} \quad \text{și} \quad \beta_0 = \frac{I_c}{I_B} \quad (A.4)$$

În acord cu cele susmenționate se vor prezenta în continuare metode de măsurare și verificare a tranzistoarelor, ca parte integrantă a unor lucrări tehnologice ce trebuie efectuate cu ocazia reparațiilor și reviziilor instalațiilor și utilajelor electromecanice.

A.2. MĂSURAREA AMPLIFICĂRII ÎN SCURT-CIRCUIT

Schema de măsurare utilizată este indicată în figura A.2. Schema este alimentată de un generator GS , conectat în montaj prin transformator al Tr , cu raportul de transformare 1 : 1. Cu un voltmetru convenabil, se măsoară tensiunea u_0 și u_1 .

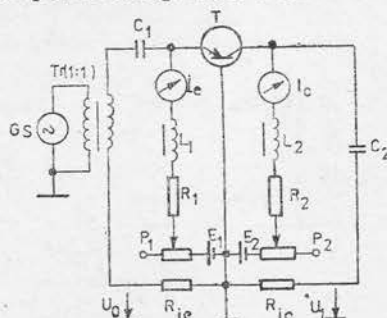


Fig. A.2. Schema de măsurare a amplificării în scurtcircuit:
GS — generator de semnal; Tr — transformator; T — tranzistor.

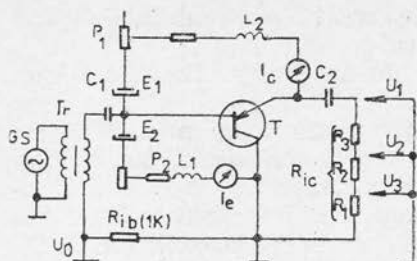


Fig. A.3. Schema de măsurare a parametrului β :

GS — generator de semnal; Tr — transformator; T — tranzistor.

Luându-se rezistențele R_1 și R_2 egale, atunci tensiunile u_0 și u_1 se pot determina cu relațiile:

$$u_0 = R_1 \cdot i_e; \quad u_1 = R_2 \cdot i_c \quad (A.5)$$

Dacă impedanța în circuitul colectorului este suficient de mică atunci parametrul dinamic se determină cu relația (A.3).

Condițiile necesare pentru măsurarea amplificării în scurtcircuit sînt următoarele:

$$\left. \begin{aligned} X_{L1} &\gg r_e - r_b (1 - \alpha) \\ X_{L2} &\gg (R_1^2 + X_{c2}^2)^{1/2} \\ r_c &\gg (R_1^2 + X_{c2}^2)^{1/2} \end{aligned} \right\} \quad (A.6)$$

în care:

$\alpha = i_c / i_e$, conform relației (A.3);

X_{L1} , X_{L2} sînt rezistențele bobinelor L_1 și L_2

A.3. MĂSURAREA PARAMETRULUI β

Parametrul β , reprezintă amplificarea în curent cu relația i_c / i_b , iar pentru măsurarea lui se utilizează montajul prezentat în figura A.3.

În acest scop, tensiunea la ieșire se măsoară la una dintre cele trei prize prevăzute pe R_{1c} .

Din calcul reiese că:

$$\beta = \frac{i_c}{i_b} = \frac{R_{1b}}{R_{1c}} \cdot \frac{u_1}{u_0} \quad (A.7)$$

Pentru ca măsurarea să fie fidelă se impune respectarea următoarelor condiții:

$$\left. \begin{aligned} X_{L1} &\gg r_b + \frac{r_e}{1 - \alpha} \\ X_{L2} &\gg (R_{1c}^2 + X_{c2}^2)^{1/2} \ll (r_c - r_m) \end{aligned} \right\} \quad (A.8)$$

A.4. MĂSURAREA PARAMETRULUI α DE TĂIERE

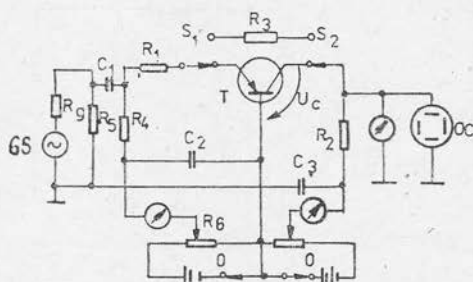


Fig. A.4. Schema de măsurare a parametrului α de tăiere:

GS — generator de semnal; T — tranzistor; OC — osciloscop catodic.

Coeficientul de amplificare α a curentului în scurtcircuit, variază cu frecvența. În acest context, coeficientul de tăiere corespunde acelei valori a acestuia, cînd scade la 0,707 din valoarea pe care o are la joasă frecvență.

Schema de principiu pentru măsurarea parametrului de tăiere este prezentată în figura A.4.

Comutatoarele S sînt cuplate. Toate comutatoarele fiind pe poziția de jos, conform metodei de măsurare, se aduce tranzistorul în punctul de funcționare dorit și se măsoară tensiunea u_e cu un voltmetru electronic de curent alternativ. Apoi cu un oscilograf catodic se observă forma unde. Se trec, după aceea, comutatoarele S pe poziția de sus, în care tranzistorul se înlocuiește cu rezistorul R_3 . Se reglează R_5 pentru ca, la bornele rezistorului R_2 , tensiunea să fie de cca 100 mV. Se trece apoi S pe poziția de jos și se citește din nou tensiunea la voltmetru electronic. Indicația voltmetrului este proporțională cu α .

Se variază, după aceea, frecvența de funcționare a generatorului GS, pînă cînd se ajunge la frecvența la care scade cu 0,707 din valoarea inițială. Această frecvență corespunde frecvenței care o dă valoarea coeficientului α de tăiere.

A.5. MĂSURAREA PARAMETRULUI h_{11}

Conform definiției, parametrul hibrid h_{11} reprezintă impedanța de intrare cu ieșirea în scurtcircuit, adică:

$$h_{11} = \left. \frac{u_1}{u_2} \right|_{u_2=0} \quad (\text{A.9})$$

Schemele de principiu ale montajelor utilizate pentru măsurarea acestui parametru sînt indicate în figura A.5, *a* în cazul conexiunii BC și în figura A.5, *b*, în cazul conexiunii EC.

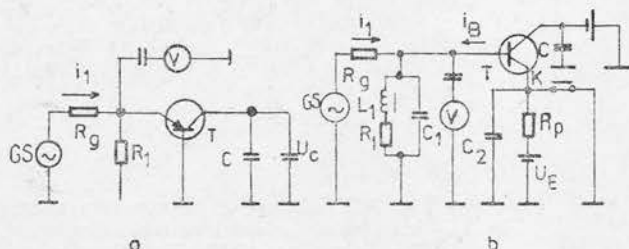
Condiția de scurtcircuit la ieșire se realizează prin intermediul condensatorului C , a cărui restanță trebuie să fie mult mai mică decît impedanța de ieșire a tranzistorului T . Pentru efectuarea măsurării, în circuitul de intrare se injectează un curent cunoscut i_1 și cu ajutorul voltmetrului electronic V adică rezistența internă R_o se măsoară tensiunea u_1 . Schemele de montaj din figurile A.5, *a* și *b* conțin, de asemenea, circuit de curent continuu pentru fixarea polarizărilor.

În montajul BC, rezistența de intrare fiind de ordinul zecilor de ohmi condițiile sînt facil de realizat.

În montajul EC, emitorul este pus la masă, din punct de vedere alternativ, prin condensatorul C_2 a cărei reactanță este mult mai mică decît rezistența emitorului r_e , iar baza este polarizată din punct de vedere continuu prin intermediul unui circuit rezonant derivație, cu factor de calitate ridicat. Acest curent este acordat pe frecvența de funcționare a generatorului GS și posedă la rezonanță o impedanță ($Z_p = Q\omega L$) mult mai mare decît h_{11} , care este de ordinul megohmilor. Întreruptorul K se

Fig. A.5. Schema de măsurare a parametrului h_{11} :

a, *b* — variante ale schemei de măsurare; GS — generator de semnal; V — voltmetru electronic; T — tranzistoare.



deschide numai în momentul efectuării măsurărilor, în restul timpului el fiind închis, pentru a împiedica astfel încărcarea condensatorului C_2 de la tensiunea U_E , în cazul cînd tranzistorul se află în soclu.

Pentru a se asigura o precizie corespunzătoare a măsurării, este necesar ca ansamblul rezistențelor R_g , R_v și R_1 (fig. A.5, a) și R_g , R_v , R_p (fig. A.5, b) să aibă o rezistență mult mai mare decît rezistența de intrare a tranzistorului T , care este conectat în paralel.

A.6. MĂSURAREA PARAMETRULUI h_{12}

Conform definiției, parametrul hibrid h_{12} reprezintă factorul de transfer invers, în tensiune cu intrarea în gol, adică:

$$h_{12} = \left. \frac{u_1}{u_2} \right|_{i_1=0} \quad (A.10)$$

Schemele de principiu ale montajelor utilizate pentru măsurarea acestui parametru, sînt indicate în figura A.6, a pentru conexiunea BC și în figura A.6, b pentru conexiunea EC.

În cazul conexiunii EC (fig. A.6, b) este necesară introducerea unui curent rezonant la intrare ($R_1 L_1 C_1$) care la rezonanță posedă o rezistență R_p și a unui condensator C cu întreruptor, în circuitul emitorului.

Rezistența rezultantă a grupului R_v , R_1 în cazul conexiunii BC (fig. A.6, a) și a grupului R_v , R_p în cazul conexiunii EC (fig. A.6, b), este necesar să fie mult mai mare decît rezistența de intrare a tranzistorului T .

Pentru evitarea influenței directe între ieșire și intrare se impune ecranarea circuitului colectorului față de circuitul emitorului.

A.7. MĂSURAREA PARAMETRULUI h_{21}

Conform definiției, parametrul h_{21} reprezintă factorul de transfer direct în curent cu ieșirea în scurtcircuit adică amplificarea directă în curent cu relația

$$h_{21} = \left. \frac{i_2}{i_1} \right|_{u_2=0} \quad (A.11)$$

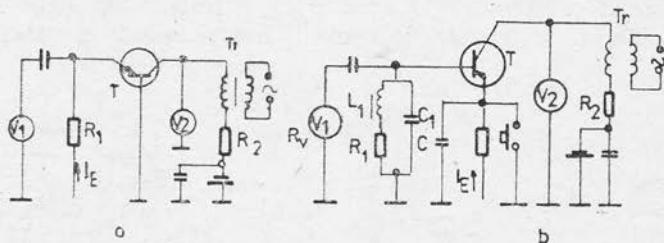


Fig. A.6. Schema de măsurare a parametrului h_{12} :
a, b — variante ale schemei de măsurare; V_1 , V_2 — voltmetre electronice; Tr — transformatoare; T — tranzistoare.

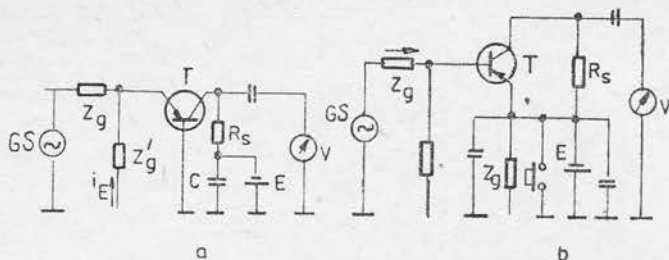


Fig. A.7. Schema de măsurare a parametrului h_{21} :
a, b — variante ale schemei de măsurare; GS — generator de semnal; V — voltmetru electronic; T — tranzistoare.

Schemele de principiu ale montajelor utilizate pentru măsurarea acestui parametru sînt prezentate în figura A.7, a pentru conexiunea BC și în figura A.7, b pentru conexiunea EC.

În scopul realizării condiției de scurtcircuit la ieșire rezistența R_s este necesar să posede o valoare de circa $(50 \dots 100) \Omega$, mult mai mică decît impedența de ieșire a tranzistorului T, iar reactanța condensatorului C trebuie să fie mult mai mică în comparație cu rezistența R_s .

Curentul i_1 se măsoară scurtcircuitînd tranzistorul T și măsurînd tensiunea u_2 ; rezultă

$$i_1 = \frac{u_2}{R_s}. \quad (A.12)$$

Circuitul de alimentare de curent continuu se realizează în aceleași condiții ca în schemele de montaj precedente.

Măsurarea parametrului h_{21} este dificilă la tranzistoarele cu conexiune BC, întrucît valoarea parametrului respectiv este foarte aproape de unitate, iar

$$i_2 \approx i_1. \quad (A.13)$$

De aceea se preferă să se determine expresia $1 + h_{21}$, măsurîndu-se curenții i_e și i_b cu ajutorul schemei de montaj din figura A.8.

Conform schemei din figura A.8, se poate scrie că:

$$1 + h_{21} = 1 + \frac{i_e}{i_b} = \frac{i_e + i_b}{i_b} = \frac{i_e}{i_b}. \quad (A.14)$$

Injectîndu-se curentul i_e , se poate măsura curentul i_b , cu relația

$$i_b = \frac{u_2}{R_s}. \quad (A.15)$$

Pentru asigurarea preciziei de măsurare se impune realizarea următoarelor condiții

$$\left| \frac{Z_g Z'_g}{Z_g + Z'_g} \right| \gg h_{11} + R_s; \quad (A.16)$$

$$|Z_p| \gg R_s;$$

$$\omega C_2 \gg h_{22}.$$

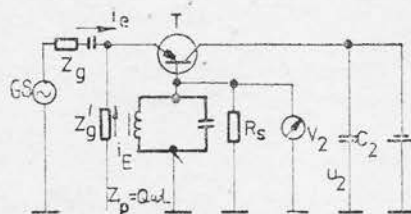


Fig. A.8. Schema de măsurare a curenților de emitor și bază ai unui tranzistor:

GS — general de semnal; T — tranzistor; V_2 — voltmetru.

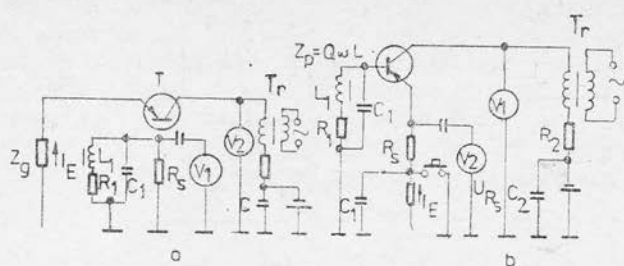


Fig. A.9. Schema de măsurare a parametrului h_{22} :
a, b — variante ale schemei de măsurare; T — tranzistoare;
Tr — transformatoare; V_1 , V_2 — voltmetre.

În baza tranzistorului T se conectează în paralel cu R_s un circuit (L—C) derivație, care la frecvența de funcționare posedă o impedanță ridicată iar în curent continuu are o rezistență mică R.

Măsurarea parametrului h_{21} în cazul tranzistoarelor în conexiune EC se face utilizându-se un voltmetru care trebuie să măsoare tensiuni mici: la un curent continuu, în circuitul selectorului de 1 mA, curentul alternativ care trece prin rezistența R_s de 50 Ω , poate să fie de 0,1 mA. În astfel de condiții, voltmetrul V_2 , trebuie să măsoare o tensiune de 5 mV.

Pentru măsurarea curentului i_1 , când tranzistorul T este scurtcircuitat, rezultă că: $h_{21} \approx 10^3$, $i_1 \approx 10^{-7}$ A iar $u_2 = 5 \mu V$.

A.8. MĂSURAREA PARAMETRULUI h_{22}

Conform definiției, parametrul h_{22} reprezintă admitanța de ieșire cu intrarea în gol, adică

$$h_{22} = \left. \frac{i_2}{u_2} \right|_{i_1=0}. \quad (A.17)$$

Schemele de principiu pentru determinarea acestui parametru sînt indicate în figura A.9, a, b. Conform schemelor, la bornele de ieșire se aplică un semnal u_2 și se măsoară curentul i_2 , prin căderea de tensiune la bornele rezistenței cunoscute R_s . Astfel se obține

$$i_2 = \frac{u_{R_s}}{R_s}. \quad (A.18)$$

Condiția de funcționare în gol la intrare se obține cu ajutorul unui circuit acordat (R_1 , L_1 , C_1), care are o rezistență mică în curent continuu.

Circuitele de intrare și de ieșire se ecranează, pentru a se elimina influența cuplajelor parazite.

A.9. MĂSURAREA REZISTENȚEI BAZEI

Rezistența de intrare a bazei, pe care o notăm cu r_{bb} , se poate măsura cu ajutorul schemelor de montaj din figura A.10 (cu puntea, conform fig. A.10, a, sau cu două voltmetre, conform fig. A.10, b).

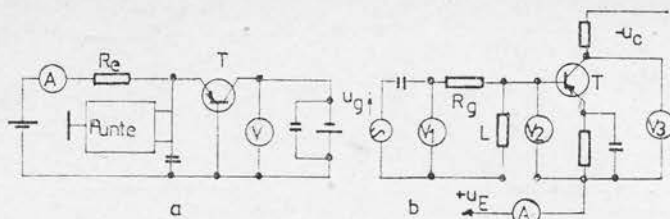


Fig. A.10. Schema de măsurare a rezistenței bazei:
a, b — variante ale schemei de măsurare; T — tranzistoare;
V₁, V₂ — voltmetre.

Tranzistoarele T, în cele două montaje sînt în conexiune BC iar ieșirea este în scurtcircuit, din punct de vedere alternativ.

La o frecvență de aproximativ cinci ori mai mare decît frecvența f_1 , valoarea impedanței de intrare este foarte apropiată de r_{bb} .

În schema cu două voltmetre electronice se poate scrie că:

$$r_{bb} = \frac{u_b}{i_b} = \frac{R_g u_b}{u_g - u_o} = \frac{R_g U_b}{U_g}, \quad (\text{A.19})$$

dacă

$$u_g \gg u_b. \quad (\text{A.20})$$

Inductanța L (fig. A.10, b) compensează capacitățile parazite ale schemei de montaj.

Metoda cu două voltmetre este mai indicată pentru măsurări industriale, de control curent.

Valoarea rezistenței r_{bb} , este de ordinul zecilor de ohmi, variind în funcție de curentul emitor i_E .

Cele trei elemente de intrare ale circuitului echivalent în π adică $g_{b,e}$, $C_{b,e}$ și r_{bb} , se pot măsura cu ajutorul schemei simetrice de montaj din figura A.11.

Circuitul de ieșire fiind scurtcircuitat din punct de vedere al curentului alternativ, schema echivalentă a tranzistorului T se poate reprezenta ca în figura A.12.

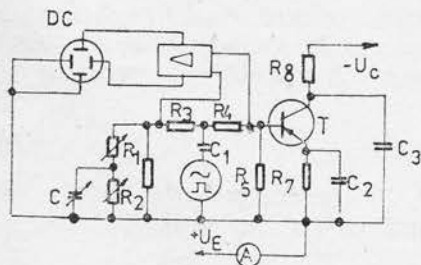


Fig. A.11. Schema de măsurare a rezistenței bazei cu ajutorul unei scheme simetrice:
A — ampermetru; T — tranzistor; DC — osciloscop catodic.

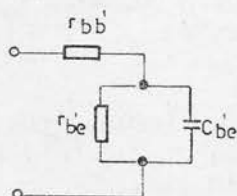


Fig. A.12. Schema echivalentă a tranzistorului cu punerea în evidență a rezistenței bazei:
 $r_{bb'}$ — rezistența bazei.

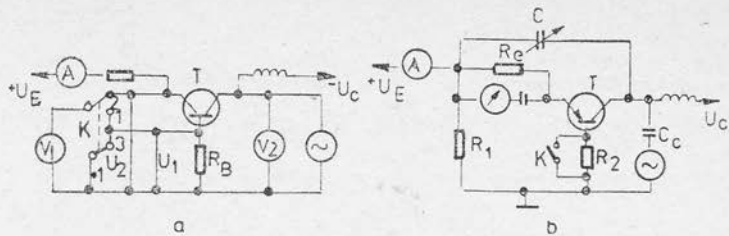


Fig. A.13. Schema de măsurare a rezistenței de reacție a bazei:
a, b — variante ale schemei de măsurare; T — tranzistoare; A — ampermetru; V_1, V_2 — voltmetre.

În acest caz, se ajustează succesiv elementele R_1 , R_2 și C pînă cînd semnalul la ieșirea amplificatorului diferențial devine nul. În acest caz:

$$R_1 = r_{bb'}; R_2 = \frac{1}{g_{b'e}} = r_{b'e}; C = C_{b'e} + C_{b'e}. \quad (A.21)$$

A.10. MĂSURAREA REZISTENȚEI DE REACȚIE A BAZEI

Măsurarea rezistenței de reacție a bazei r_{bb} se face la frecvențe înalte, injectîndu-se o tensiune în circuitul de colector al tranzistorului. În acest caz, în circuitul emitorului apare o tensiune de reacție proporțională cu r_{bb} .

Măsurarea se efectuează în montajul cu bază comună, avînd emitorul în gol din punct de vedere alternativ. Schemele de măsurare aplicate sînt reprezentate în figura A.13, a, b.

În figura A.11, a, tensiunile u_1 și u_2 proporționale cu R_B și r_b , se citesc pe pozițiile 1 și 2 ale comutatorului K. În acest sens, rezistența de reacție a bazei este:

$$r_{bb} = R_B \cdot \frac{u_2}{u_1}. \quad (A.22)$$

În figura A.11, b, elementele de circuit C , R_1 , $r_{bb'}$ și C_c formează o punte, în care C_c reprezintă capacitatea colector-bază. Rezistența R_2 se scurtcircuitează cu ajutorul comutatorului K, pe poziția închis. Se echilibrează la valoarea C_1 a condensatorului variabil C, rezultînd relația de echilibru:

$$C_1 R_1 = C_c \cdot r_{bb'}. \quad (A.23)$$

Introducîndu-se apoi rezistența R_2 în circuit, prin deschiderea comutatorului K, se obține echilibrul punții pentru valoarea C_2 a condensatorului variabil C, cu relația:

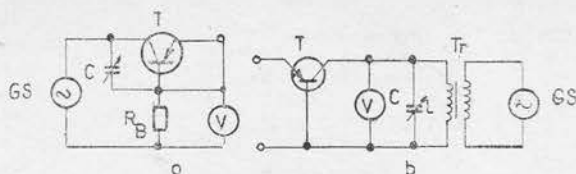
$$C_2 R_1 = (R_2 + r_{bb'}) \cdot C_c. \quad (A.24)$$

Din relația (A.24) rezultă valoarea $r_{bb'}$ cu expresia:

$$r_{bb'} = \frac{C_1 R_2}{C_2 - C_1}. \quad (A.25)$$

Fig. A.14 Schema de măsurare a capacității bază-colector:

a, b — variante ale schemei de măsurare; *GS* — generator de semnal; *T* — tranzistor; *Tr* — transformator.



A.11. MĂSURAREA CAPACITĂȚII BAZĂ-COLECTOR

Măsurarea capacității bază-colector $C_{b'c}$ trebuie să se realizeze la o frecvență suficient de joasă pentru ca rezistența $r_{bb'}$ să fie neglijabilă față de reactanța capacității $C_{b'c}$ și suficient de înaltă pentru ca efectul rezistenței colector-bază să fie neglijabil.

În sensul celor menționate se pot utiliza două scheme de măsurare, așa cum se arată în figura A.14, *a, b*.

Conform figurii A.14, atunci când tranzistorul *T* este scos din soclu, voltmetrul *V* indică o deviație θ iar capacitatea *C* are valoarea C_1 . Introducând tranzistorul *T* în circuit, se variază capacitatea *C*, la valoarea C_2 pentru ca indicația voltmetrului *V* să nu se schimbe. În acest caz, rezultă:

$$C_{b'c} = C_1 - C_2. \quad (\text{A.26})$$

A.12. MĂSURAREA PARAMETRILOR h LA ÎNALTĂ FRECVENȚĂ

Măsurarea la înaltă frecvență a parametrilor h , respectiv impedanța de intrare h_{11} și admitanța de ieșire h_{22} , se poate efectua o punte alimentată de la un generator de semnal modular (fig. A.15).

Echilibrul punții se realizează prin două reglaje din care se obține partea reală și cea imaginară a impedanței necunoscute. În acest scop, tranzistorul *T* este conectat, la punte, printr-un adaptor care permite aplicarea polarizărilor continue și realizează în același timp condiția de gol și de scurtcircuit corespunzătoare parametrului măsurat.

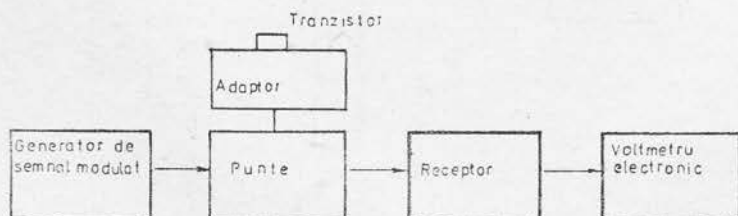


Fig. A.15 Schema bloc pentru măsurarea parametrilor h la înaltă frecvență.

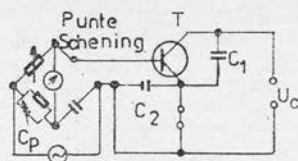


Fig. A.16. Schema de măsurare a parametrului complex h_{11} cu o punte Schering:

T — tranzistor.

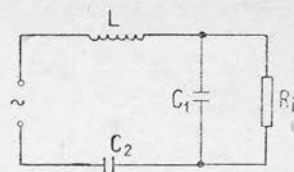


Fig. A.17. Schema echivalentă a circuitului de măsurare din figura A.16.

În figura A.16 se prezintă o instalație de măsurare a parametrului complex h_{11} . Polarizarea continuă se aplică la bornele indicate, iar condensatoarele C_1 și C_2 reprezintă o cale de trecere a curentului alternativ constituind un scurtcircuit la frecvența de măsurare. Puntea de tip Schering este necesar să aibă între bornele sale o rezistență mică din punct de vedere al curentului continuu, pentru închiderea circuitului. Tranzistorul T fiind polarizat în punctul de funcționare dorit, se echilibrează puntea și se citesc valorile R_p și C_p ale elementelor de echilibru ale punții. Circuitul echivalent conectat în brațul punții se prezintă în figura A.17, unde R_i și C_i sînt rezistența și capacitatea de intrare a tranzistorului, iar L reprezintă inductanța parazită a firelor de legătură între tranzistor și punte. În acest caz impedanța complexă de intrare h_{11} se determină cu relația:

$$h_{11} = \frac{1}{\frac{1}{R_i} + j\omega C_i} = \frac{R_i}{1 + j\omega R_i C_i}. \quad (\text{A.27})$$

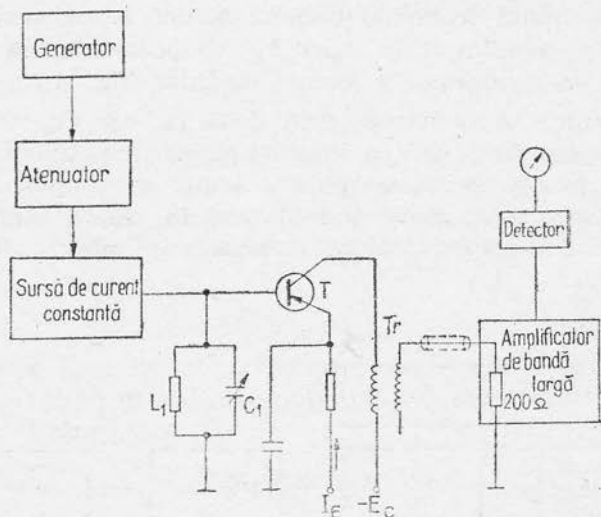


Fig. A.18. Schema de măsurare a parametrului complex h_{21} :

T — tranzistor; Tr — transformator.

Partea reală și cea imaginară a impedanței de intrare se calculează cu relațiile:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{Re} \{h_{11}\} &= \frac{R_i^2}{1 + \omega^2 R_i^2 C_i^2} \\ \operatorname{Im} \{h_{11}\} &= \frac{R_i^2 C_i}{1 + \omega^2 R_i^2 C_i^2} \end{aligned} \right\} \quad (\text{A.27})$$

Admitanța de ieșire h_{22} se determină în mod analog.

Amplificarea în curent h_{21} se poate măsura la frecvențe de zeci de MHz, utilizându-se schema din figura A.18, în care pentru un curent constant injectat la intrare, instrumentul de măsură la ieșire poate fi gradat direct în valori ale parametrului h_{21} .